BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Bischof, Gustav,

Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie

Bd.: 2,1

Bonn 1851

Lith. 59 my-2,1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10283024-5

Lith. 59 my - 2,1 Bischof, G.,

Lehrbuch

der

chemischen und physikalischen Geologie

von

Dr. Gustav Bischof,

Königl. Preussischem Geheimen Bergrathe, o. ö. Professor der Chemie und Technologie an der Universität zu Bonn, Ritter des rothen Adlerordens dritter Classe mit der Schleife und mehrerer In- und ausländischer Academieen und gelehrten Gesellschaften Mitgliede oder Correspondenten.

Zweiten Bandes erste Abtheilung.

Bonn,

bei Adolph Marcus.

1851.

134. D

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorwort.

Die allgemeine Anerkennung, welche meinem Buche in Anzeigen, in geologischen Werken und Abhandlungen so wie in brieflichen Mittheilungen selbst von denen zu Theil wurde, die mit meinen Ansichten nicht oder nicht völlig übereinstimmen, bürgt dafür, dafs meine darauf verwendete Mühe keine vergebliche war. Dafs es auch im Auslande nicht unbeachtet geblieben ist, zeigt die von der Cavendish-Society in dem Berichte über ihre vierte jährliche Versammlung ausgesprochene Absicht, es, nach seiner Vollendung, in das Englische zu übersetzen.

Da der zweite Band einen gröfseren Umfang, als der erste erreicht: so wird er in zwei Abtheilungen zerfallen. Die erste schliefst mit dem neunten Kapitel. Die zweite, wovon mit dem vorliegenden bereits zwei Hefte (II. Bds. 4. 5.) erschienen sind, wird nahe von gleichem Umfange wie die erste werden. Das dritte und letzte Heft (II. Bds. 6.) mit einem vollständigen Register wird bald nach Neujahr die Presse verlassen. Dafs die Hefte des zweiten Bandes nicht so rasch auf einander gefolgt sind, wie die des ersten, hat seinen Grund hauptsächlich in der nicht geringen Zahl eigener Analysen von Gebirgsgesteinen, welche ich den dankenswerthen Leistungen anderer Chemiker angereiht habe, und die sich vorzugsweise im letzten Hefte finden werden. Es ist überflüssig zu bemerken, dafs ohne solche empirische Grundlagen das Ganze nur ein unvollkommenes Stückwerk sein würde. Wie viel gleichwohl noch zu untersuchen übrig bleibt, wenn wir eine klare Einsicht in alle genetische Verhältnisse des Mineralreichs erlangen sollen, das zeigen eben die aus diesen chemischen Analysen gezogenen Schlüsse, welche eben so entschieden das Mögliche und Wirkliche erkennen lassen, als sie müfsigen Phantasiespielen Grenzen setzen.

Ein Rückblick auf die Vorrede zum ersten Bande zeigt, welche wichtige Entdeckungen seit vier Jahren im Gebiete der Geologie gemacht worden sind, und wie diese Wissenschaft dadurch ganz andere Fundamente erhalten hat. Auf dem Standpuncte des empirischen Forschers waren wir, als wir dem Schlusse in jener Vorrede, die Natur könne auf nassem Wege keinen Feldspath bilden, so lange Gültigkeit einräumten, als dieser nicht in Drusenräumen oder in Pseudomorphosen nach anderen Mineralien gefunden würde. Damals war freilich nicht zu ahnen, daſs dieser Schluſs nur sehr kurze Zeit Gültigkeit haben würde; denn nicht bloſs in Drusenräumen, sondern auch in Erzgängen, in Begleitung von Petrefacten und mitten in sedimentären Gesteinen, so wie in Pseudomorphosen nach Zeolithen hat man seitdem Feldspath angetroffen.

Solche Entdeckungen, die mit aller Entschiedenheit die wirkliche Bildung des Feldspath und die Umwandlung anderer Mineralien in denselben auf wässrigem Wege darthun, muſsten zum ernstlichen Nachdenken führen, ob denn wirklich noch Gründe vorhanden sind, neben dieser Bildung auch eine pyrogene für ihn anzunehmen, für ein Mineral, welches wegen seiner ungemein groſsen Verbreitung in den krystallinischen Gesteinen eine so groſse Rolle spielt, und als Grundtypus für alle Mineralbildungen erscheint. Ich kann nur das offene Geständniſs ablegen, daſs ich keine Gründe habe finden können, welche unwiderleglich für eine solche pyrogene Bildung des Feldspath in Gebirgsgesteinen sprechen, und eben so wenig für seine Begleiter in den granitischen Gesteinen, für den Glimmer und für den Quarz.

Ich bitte diesen Wendepunct in der Auffassung geologischer Erscheinungen, der gerade in die Mitte der Zeit fiel, die ich der Bearbeitung meines Werkes gewidmet habe, wohl zu beherzigen: er erklärt, warum die plutonischen Reminiscenzen, welche sich noch im ersten Bande finden, im zweiten nach und nach gänzlich verschwunden sind.

Bonn, im November 1851.

Der Verfasser.

Inhalt.

Einleitung. S. 1—27.

Seite.

Unterscheidung zwischen primären und secundären Fossilien . . . 2
Bedeutung der Pseudomorphosen des Mineralreichs. . . . 3
Zusammengesetzte Körper existirten früher als einfache . . . 6
Laplace's Weltsystem 7
Petzhold's Ansichten 8
Die Natur verfolgt nicht den synthetischen Weg . . . 9
Elementare Körper kommen selten vor 10
Weitere Folgerungen aus Laplace's Weltsystem . . . 11
Das Wandelbare in der unorganischen Natur . . . 12
Ein Kreislauf in der unorganischen Natur ist zweifelhaft . . 13
Gemengte Massen in Gesteinen 14
Keine Sonderungen auf feuerflüssigem Wege . . . 15
Sonderungen in Spalten und Drusenräumen . . . 16
Kräfte, welche feuerflüssige Massen in Spalten auftreiben . . 17
Sonderungen in granitischen und basaltischen Massen . . 18
Sonderungen auf nassem Wege 19
Metalle in Gebirgsgesteinen und in Mineralwassern . . . 20
Sonderungen in der unorgânischen Natur . . . 21

Erster Abschnitt.

Vorkommen elementarer Stoffe im Mineralreiche und in der Atmosphäre 22—185
Elementare Stoffe kommen nicht in krystallinischen Gesteinen vor 23
Elementare Stoffe existirten nicht in der Schöpfungsperiode 24
Ursprung des Kohlenstoffs 26

Seite.
Kohlenstoff und Stickstoff sind keine primären Bestandtheile krystallinischer Gesteine 27

Kapitel I.

Die atmosphärische Luft 28—58
Sauerstoffgas wird der Atmosphäre fortwährend entzogen . 29
Sauerstoff und Kohlensäuregas variiren wenig in der Atmosphäre 30
Kohlensäuregas wird der Atmosphäre fortwährend zugeführt 31
Der Kohlenstoff auf und in der Erde . . . 32
Die Oxydation der Metalloxydule fordert grofse Quantitäten Sauerstoff 34
Die Bildung des Eisenkieses verbraucht grofse Quantitäten Kohlenstoff 35
Oxydation des Eisenoxydul im Basalt . . . 37
Quellen des absorbirten Sauerstoffs 38
Die Atmosphäre seit der Schöpfung des organischen Reichs 39
Der Kohlenstoff des organischen Reichs stammt aus den Kohlensäure-Exhalationen 40
Kriterion guter geologischer Hypothesen . . 41
Die Kohlensäure-Exhalationen haben eine doppelte Verwendung 42
Kalksedimente vor dem Erscheinen des organischen Reichs 43
Geschichtete versteinerungslose Formationen . . 44
Ursprung der Kohlensäure-Exhalationen . . . 45
Die Kohlensäure stammt aus der Atmosphäre . . 46
Die Atmosphäre ist ein Bestandtheil der Erde . . 47
Aller Stickstoff stammt aus der Atmosphäre . . 48
Verwitterung der Gesteine unmittelbar nach ihrer Bildung . 49
Temperatur-Zunahme in sedimentären Gesteinen . . 50
Metamorphose geschichteter Gebirgsarten . . . 51
Körniger Kalk ist keine primitive Bildung . . . 53
Die Eisenkies-Bildung führt Kohlensäure in die Atmosphäre 54
Der Kohlenstoff führt den Sauerstoff aus dem Mineralreiche in die Atmosphäre 56
Veränderungen in der Atmosphäre durch die Industrie . 57
Zustände der Atmosphäre seit der Schöpfungsperiode . 58

Kapitel II.

Der Kohlenstoff 59—103
Graphit 59—79
Vorkommen des Graphit in krystallinischen Gesteinen . 60

Seite.
Graphit nicht neben Eisenoxydulsilicaten im feuerflüssigen Zustande 61
Bildung des Graphit in krystallinischen Gesteinen . . 62
Bildung des Graphit im körnigen Kalke . . . 63
Graphit auf Gängen in krystallinischen Gesteinen . . 65
Graphit enthält stets etwas Asche 66
Graphit im Roheisen 67
Graphit in Eisenschlacken 68
Graphit eine Bildung auf nassem Wege . . . 69
Graphit in Pseudomorphosen nach Eisenkies . . 70
Graphit im Meteoreisen 73
Graphit im Meteoreisen ist eine secundäre Bildung . . 74
Kohle im Meteorstein von Alais 75
Kohle in den Meteorsteinen ist secundär . . . 77
Anthrazit 80—82
Anthrazit ein Ueberrest organischer Substanzen . . 81
Diamant 82—95
Vorkommen des Diamanten 82
Diamant und seine Begleiter von verschiedener Entstehung 83
Diamant im Itacolumit 84
Diamant eine Bildung auf nassem Wege . . . 86
Itacolumit ist kein plutonisch metamorphes Gestein . 88
Der Itacolumit ein auf nassem Wege verändertes Gestein . 89
Diamant durch Wirkung unorganischer Stoffe auf organische entstanden 91
Brauneisenstein begleitet den Diamant . . . 93
Diamant zersetzt Eisenoxyd 94
Diamant reducirt Eisenoxydulsilicat 95
Ursprung des Kohlenstoffs überhaupt und Entwickelung der Vegetation 95—103
Organische Ueberreste in sedimentären Formationen . 96
Pflanzen auf Gesteinen ohne organische Ueberreste . 98
Bitumen in krystallinischen Gesteinen . . . 99
Die atmosphärische Kohlensäure liefert den Kohlenstoff der Pflanzen 100
Grofse Zeiträume zur Vegetation der Pflanzen für die Steinkohlen 101

Kapitel III.

Der Stickstoff und seine Verbindungen . . 104—138
Stickgas-Entwicklungen aus Quellen . . . 105

	Seite.
Absorption der atmosphärischen Luft durch Gewässer	106
Stickgas-Entwicklungen aus Quellen	107
Stickgas-Entwicklungen aus zersetzten organischen Substanzen	108
Stickgas-Entwicklungen aus Vulkanen	109
Verbindung des Stickstoffs mit Sauerstoff	110
Salpetersäure-Bildung auf Ceylon	111
Ammoniak in der Atmosphäre	113
Ammoniak in Eisenerzen	114 u. 118
Ammoniak in den Suffioni	115
Krystallisirte Gesteine enthalten organische Ueberreste	117
Salmiak aus Vulkanen	119
Wasserstoff verbindet sich mit Stickstoff nicht direkt	121
Salmiak-Sublimate bei Erdbränden	122
Salpetersäure aus atmosphärischer Luft durch elektrische Funken	123
Salpetersaure Salze in Gewässern	124
Salpetersaure Salze in Quellen	125
Salpetersaure Salze in Flüssen und im Meere	126
Salpetersaures Natron als Düngungsmittel	127
Salpetersaure Salze liefern den Pflanzen Stickstoff	128
Zersetzung des atmosphärischen Ammoniaks	129
Menge des atmosphärischen Ammoniaks	130
Das atmosphärische Ammoniak reicht für die Vegetation nicht hin	131
Durch Verbrennen werden Stickstoffverbindungen zerstört	132
Die Pflanzen nehmen atmosphärischen Stickstoff auf	133
Durch Fäulnifs werden Stickstoff-Verbindungen zerstört	134
Die Pflanzen assimiliren Stickstoff	135
Resultate	137

Kapitel IV.

Der Schwefel	139—164
Schwefelwasserstoffgas liefert Schwefel und Gyps	140
Schwefel aus Mineralquellen	141
Schwefel von zersetztem Schwefelwasserstoffgas	142
Schwefel im Vesuv	143
Vorkommen des Schwefels in Sicilien	144
Bedeutung der Schwefelwasserstoffgas-Exhalationen	145
Schwefelwasserstoff aus Solfataren	146
Schwefel in Gängen und Vulkanen	147
Schwefel in Drusenräumen und Gängen	148
Schwefel keine primäre Bildung	149
Schwefel in Sicilien	150

Seite.
Schwefel in Spanien und im nördlichen Europa . . 153
Schwefel mit Gyps, Steinsalz und Bitumen . . . 154
Schwefel von zersetztem Gyps 155
Zersetzung des Schwefelcalcium . . . 156
Wasserdämpfe und Schwefelabsätze 157
Bildung des Schwefelwasserstoffs in Sicilien . 158
Schwefelwasserstoff und vulkanische Erscheinungen . 159
Die Wasserdämpfe enthalten sehr wenig Schwefelwasserstoff 160
Schwefel mit Gyps nur aus Schwefelwasserstoff . . 161
Schwefelsaure Alkalien die Quelle des Schwefels . . 162
Organische Substanzen eine Bedingung des Schwefels 163
Schwefel keine primitive Bildung 164

Kapitel V.

Schwefel, Schwefelwasserstoff und Gyps in ihren gegenseitigen Beziehungen . . . 165—185
Oxydation des Schwefelwasserstoffs 166
Producte der Zersetzung des Schwefelwasserstoffs . . 167
Schwefelsaure Salze in Solfataren 168
Gypsbildung in Solfataren 169
Schwefel und Gyps in Solfataren 171
Wirkungsart des Schwefelwasserstoffs auf Gesteine . 172
Absatz von Gyps in Tuff 173
Absatz des kohlensauren Kalks ähnlich dem des Gyps . 174
Vulkanische Thätigkeit und Gypsbildung . . . 176
Schwefel mit Gyps nur aus Schwefelwasserstoff . . 177
Schwefelquellen nur in jüngeren sedimentären Formationen 178
Kohlenstoff bedingt die Schwefelwasserstoff-Exhalationen . 180
Keine Solfataren in den Kratern am Laacher-See . . 181
Gyps nicht aus Schwefligsäuregas 182

Zweiter Abschnitt.

Die Pseudomorphosen des Mineralreichs . . 186—283

Kapitel I.

Eintheilung der Pseudomorphosen, Bildung und Vorkommen derselben 187—256
Eintheilung der Pseudomorphosen 188

Seite.

Die pseudomorphischen Processe sind chemische . . 191
Die pseudomorphischen Processe gehen langsam vor sich 192
Fort- und Zuführung suspendirter Stoffe . . . 193
Verdrängungs-Pseudomorphosen 194
Umwandlungs-Pseudomorphosen 196
Künstliche Pseudomorphosen 198
Umwandlungs-Processe mit oder ohne Verlust der Form . 200
Ein Ueberzug erhält die ursprüngliche Krystallform . 203
Eisenoxydhydrat auf den Verdrängungs-Pseudomorphosen . 205
Das neue Fossil hat eine eigene Form oder nicht . . 208
Bildungsart der Pseudomorphosen 209
Blum's Ansichten 210
Pseudomorphe Processe erfolgen auf nassem Wege . 211
Haidinger's Ansichten 212
Bemerkungen gegen Haidinger's Ansichten . . . 214
Pseudomorphe Processe nicht auf plutonischem Wege . 216
Pseudomorphe Processe nicht durch Sublimation . . 220
Völlige Verdrängung der Fossilien 223
Ortsveränderung nur durch Gewässer . . . 224
Wasseraufnahme bei den pseudomorphen Processen . 225
Wasserhaltige Umwandlungs-Pseudomorphosen sind vorwaltend 226
Versteinerungs-Mittel organischer Reste . . . 229
Haidinger's Classification 236
Bemerkungen gegen Haidinger's Classification . . 238
Zusammengesetzte Fossilien unter den Umwandlungs-Pseudomorphosen 239
Kohlensaurer Kalk ein Fällungsmittel . . . 240
Affinitäts-Verhalten bei den Pseudomorphosen . . 241
Wichtige Stoffe bei pseudomorphen Processen . . 243
Vorkommen der Pseudomorphosen 244
Verdrängungen mitten im Gesteine 245
Metamorphosen von Gebirgsmassen 247
Stein's Ansichten 250
Gegen Stein's Ansichten 252
Scheerer's Isomorphie 253
Gegen Scheerer's Isomorphie 254

Kapitel II.

Stöchiometrische Verhältnisse der Pseudomorphosen und ihre Bedeutung für geologische Forschungen 257—283

Seite.

Bezeichung der pseudomorphen Processe durch chemische Formeln 258
Fossilien selten im ursprünglichen Zustande . . 259
Fremde Stoffe treten bei der Umwandlung zu . . . 260
Die in geringen Mengen vorhandenen Stoffe sind von Bedeutung 261
Art der Umwandlung 262
Uebergänge bei den Umwandlungen 263
Die procentige Analyse giebt die beste Uebersicht . 265
Umwandlung des Olivin in Serpentin . . . 267
Wie die Pseudomorphose erfolgt 268 u. 270
Umwandlung des Cordierit in Fahlunit . . . 269
Schwierige Ermittelung quantitativer Verhältnisse . . 271
Verwitterung durch Verlust von Bestandtheilen . . 273
Bedeutung der Pseudomorphosen 274
Erhaltung der Form ist bei Umwandlung nicht nothwendig 275
Annahme der eigenen Krystallform bei Umwandlung . 276
Fortführung von Fossilien aus mächtigen Gangzügen . 278
Umwandlung des Kalks in Dolomit . . . 279
Gegen Scheerer's polymere Isomorphie . . . 280
Haidinger's Ansichten 282

Dritter Abschnitt.

Mineralogisch einfache Fossilien, welche die Gebirgsgesteine zusammensetzen 284—290
Chemische und oryktognostische Kenntnifs der Gebirgsgesteine 285
Umwandlungs- und Zersetzungsprocesse in den Fossilien . 286
Schlüsse aus dem Zusammenvorkommen der Fossilien . 287

Kapitel I.

Feldspath 291—356
Bestandtheile des Feldspath 292
Wesentliche und accidentelle Feldspathe . . . 293
Künstlicher Feldspath 294
Zersetzungen des Feldspath 295
Verwitterung im Allgemeinen 295—296
Zersetzung des Feldspath in Kaolin . . 297—302
Glimmer nach Feldspath 303
Speckstein nach Feldspath 304
Talk nach Feldspath 306

	Seite.
Talk nach Conzeranit	307
Chlorit nach Feldspath	307
Steinmark nach Feldspath	307
Zinnerz nach Feldspath	307
Zersetzung von Feldspath	308
Bildung des Neolith	310
Merkwürdige Zersetzung auf nassem Wege	311
Verdrängungsprocesse	312
Metamorphosen des Feldspath	313
Feldstein nach Kalkspath	314
Bildung des Feldspath auf nassem Wege	316
Feldspath in den Porphyren der Lenne-Gegenden	317
Gesteine mit Feldspath-Ausscheidung	318
Schieferreste im Porphyr	319
Feldspath und Quarze im schiefrigen Porphyr	320
Versteinerung im Porphyr	321
Porphyr mit einer Versteinerung nicht eruptiv	323
Die schiefrigen Porphyre haben geringe Mächtigkeit	324
Keine plutonische Metamorphose	325
Metamorphosen auf nassem Wege	327
Ausscheidung des Feldspath auf nassem Wege	331
Krystallinische Bildung aus amorphen Massen	332
Feldspathkrystalle entstehen aus amorphem Feldspath	333
Glimmer durch metamorphische Processe gebildet	334
Fortschreitende metamorphische Processe	335
Krystallinische Feldspath- und Quarz-Ausscheidungen	336
Nicht alle Thonschieferschichten wurden metamorphosirt	337
Ungleiche Verwitterbarkeit desselben Gesteins	338
Ungleiche Verwitterbarkeit desselben Fossils	339
Ungleiche Verwitterbarkeit desselben sedimentären Gesteins	341
Ursache der ungleichen Verwitterung desselben Gesteins	342
Feldspathkrystalle in Grauwacke	343
Porphyrartiges Gestein im Thonschiefer	344
Feldspathkrystalle im Thonschiefer	345
Umwandlung des Thonschiefers in Granit	346
Scharfe Grenze zwischen Thonschiefer und Granit	349
Metamorphosen erfolgen nicht auf plutonischem Wege	350
Wirkung der Kohlenbrände auf das Gestein	352
Kohlenbrände bewirken keine krystallinischen Umwandlungen	354
Nachträge	355

Kapitel II.

Seite.
Andalusit und Cordierit 357—402
A. Andalusit und Chiastolith 357—366
Zersetzungen des Andalusit und Chiastolith . . 361
Cyanit nach Andalusit 361
Glimmer nach Andalusit und Chiastolith . . . 363
Speckstein nach Andalusit und nach Chiastolith . . 365
Talk nach Chiastolith und nach Cyanit . . . 365
Verdrängung durch Magnesiasilicat 366
Verschiedene pseudomorphische Processe neben einander . 368
B. Cordierit oder Dichroit 369—394
Zusammensetzung des Cordierit 370
Zersetzungen des Cordierit 370
Glimmer nach hartem Fahlunit und dieser nach Cordierit . 372
Aspasiolith nach Cordierit 373
Glimmer nach Fahlunit-Varietäten und diese nach Cordierit 373
Esmarkit nach Cordierit 373
Praseolith nach Cordierit 374
Glimmer nach Bonsdorffit und dieser nach Cordierit . 374
Glimmer nach Chlorophyllit und dieser nach Cordierit . 375
Weissit nach Cordierit 375
Glimmer nach Pyrargillit und dieser nach Cordierit . 375
Glimmer nach Gigantolith und dieser nach Cordierit . 376
Glimmer nach Pinit und dieser nach Cordierit . . 377
Die pseudomorphe Bildung des Glimmers . . . 379
Scheerer gegen die Umwandlung des Cordierit . . 385
Wasserhaltige Fossilien im Granit 388
Umwandlung des Cordierit 389
Umwandlungsreihe des Cordierit 390
Zusammensetzung des Pinit und Glimmers . . 391
Wie die Umwandlung des Cordierit erfolgt . . 392
Organische Ueberreste in den Fossilien der Cordieritgruppe. 393
Cordierit als Gemengtheil von Gebirgsmassen . . 394
Umwandlung des Cordierit in Glimmer . . . 396 u. 402
Umwandlung des Thonschiefers in Gneiſs und Glimmerschiefer 397
Bildung wasserfreier Silicate auf nassem Wege . . 401

Kapitel III.

Granatartige Fossilien 403—508
A. Wernerit 403
Vorkommen des Wernerit 404

	Seite.
Zersetzungen des Wernerit	408
Verwitterung im Allgemeinen	408
Glimmer nach Wernerit	409
Epidot und Albit nach Wernerit	413
Wernerit nach Epidot	415
Speckstein nach Wernerit	417
Umwandlung des Wernerit	418
Austausch von Kalk gegen Alkalien	419
Zersetzung des Kalksilicat durch Kalicarbonat	420
Kohlensäure im Wollastonit	422
Zersetzung des Wollastonit	423
Zersetzung des Wernerit durch kohlensaures Alkali	424
B. Turmalin. Schörl	426—451
Turmalin nicht eine plutonische Bildung	427
Zerbrochene Turmaline	428
Ungleiche Färbung der Turmaline	432
Organischer Farbestoff in den Turmalinen	434
Eintheilung der Turmaline	435
Chemische Zusammensetzung der Turmaline	436
Zersetzung der Turmaline	437 u. 451
Glimmer nach Turmalin	438
Geologische Bedeutung der Umwandlung des Turmalin in Glimmer	443
Turmalinfels in Sachsen und Cornwall	444
Umwandlung und Bildungsart des Turmalin	446
Chlorit nach Turmalin	448
Speckstein nach Turmalin	449
Umwandlungen des Turmalin überhaupt	450
C. Granat	451—496
Oxydationsstufe des Eisens im Granat	452
Vorkommen des Granat	454 u. 458
Magneteisen im Granat	455
Begleiter des Granat	456
Bildung des Granat auf nassem Wege	457
Granat auf Erzlagern	459
Granat mit Hornblende	463
Granaten in Auswürflingen	464
Granat in Lava	465
Granat in Blöcken keine vulkanische Bildung	466
Granat in Dolerit	469
Verhalten der Granaten gegen Säuren	470
Warum geglühte Granaten durch Säuren zersetzbar sind	472
Granaten keine plutonische Bildung	473

	Seite.
Geschmolzene Granaten und Vesuviane	474
Zersetzungen des Granat	475—497
Brausen der Granaten mit Säuren	477
Ueberschüssige Kieselsäure in Granaten	478
Kohlensaurer Kalk in Granaten ein Zersetzungsproduct	479
Eingewachsene Fossilien als Zersetzungsproducte	480
Kohlensaurer Kalk in Granaten ein Zersetzungsproduct	481
Quarz im Granat	482
Bestimmte Mischungsverhältnisse in Fossilien	483
Zersetzung der Silicate	484
Verlust von Bestandtheilen durch Zersetzung	485
Chlorit nach Granat	486
Helvin ein Zersetzungsproduct des Granat	488
Zersetzung des Kalksilicat durch Magnesiabicarbonat	489
Serpentin (Ophit) nach Granat	490
Chlorit und Serpentin nach Granat	494
Speckstein nach Granat	495
Talk nach Pyrop (rother Granat)	496
Zersetzung des Granat im Allgemeinen	497
Umwandlung in Glimmer, Chlorit, Serpentin, Speckstein und Talk	498
Processe, die das Magnesiacarbonat in Gewässern verbrauchen	499
D. Vesuvian (Idokras)	502—508
Zusammensetzung der Vesuviane	503
Vorkommen des Vesuvian	504
Vesuviankrystalle durch Schmelzen	505
Zersetzungen des Vesuvian	505—508
Glimmer nach Vesuvian	507
Speckstein nach Vesuvian	507—508

Kapitel IV.

Augit	509—602
Verhalten des Augit zu Säuren	510
A. Thonerdefreie Augite	513—521
Kalk-Talk-Augite	513
Kalk-Eisenoxydul-Augite	518
Kalk-Manganoxydul-Augite	519
Kalk-Talk-Eisenoxydul-Augite	520
B. Thonerdehaltige Augite	521
Zusammensetzung der thonerdehaltigen Augite	522
Vorkommen der Augite	528

	Seite.
Zersetzungen und Umwandlungen der Augite	532—601
Hornblende nach Augit	532
Uralit nach Augit	534
Das Chemische in der Umwandlung des Augit in Uralit	540
Asbest nach Augit	546
Serpentin nach Augit	550
Speckstein nach Augit	551
Cimolit nach Augit	554
Kieselsäurehydrat (Opal) nach Augit	556
Zersetzung des Kalk-Manganoxydul-Augit in Braunit und Pyrolusit	557
Zersetzung des Bustamit in Pyrolusit	559
Zersetzung des Rhodonit in Braunit	560
Glimmer und Grünerde nach Augit	561
Ursprung der Grünerde	566
Bildung von Eisenoxydulsilicaten	567
Umwandlung des Augit in Hornblende und Granat oder in Hornblende und Magneteisen	568
Umwandlung des Augit in Magneteisen	573
Magneteisen ein Zersetzungsproduct des Hypersthen u. s. w.	574
Magneteisen keine plutonische Ausscheidung	576
Ursprung der Magneteisenlager	578
Umwandlung des Augitporphyr in Magneteisen	579 u. 581
Umwandlung des Labrador in Analcim	580
Vorkommen des Magneteisens	584
Magneteisen auf Harmotom in Lava	586
Ausscheidung des Magneteisens aus Basalt	588
Titaneisen in Basalt	591 u. 593
Titaneisen und Olivin in benachbarten Basaltsäulen	592
Titaneisen keine spätere Ausfüllung von Drusenräumen	595
Titaneisen in vulkanischen Massen	596
Ausscheidung des Titaneisens aus Lava	597
Eisenoxyd nach Magneteisen	598—600
Pinit nach Augit	600
Umwandlung des Augit in Chabasit	600
Augit nach Wernerit	601

Kapitel V.

Diallag, Bronzit und Hypersthen	602—616
A. Diallag und Bronzit	602—611
Uebergang des Augit in Diallag und Bronzit	604
Der Diallag kein ursprüngliches Fossil	607

	Seite.
Bronzit im Serpentin	608
Umwandlung des Diallag und Bronzit in Serpentin .	609
Gabbro bei Ehrenbreitstein	610
Zersetzter Zustand des Gabbro	611
B. Hypersthen	611—616
Hyperit	613
Gabbro oder Hyperit	614
Gabbro und Hyperit	616

Kapitel VI.

Augitische Gebirgsarten	617—675
Melaphyr in Rheinbaiern	618
Kohlensaurer Kalk im Melaphyr	620
Zersetzung der Melaphyre	621
Jaspis im Augitporphyr	623
Uebergang der Augitporphyre in grüne Schiefer . .	624
Analyse der augitischen Gesteine	627
Analytisches Verfahren	628
Bestimmung der Gemengtheile in augitischen Labradorgesteinen	630
Oligoklas in augitischen Gesteinen . . .	633
Nephelin, Olivin u. s. w. in augitischen Labradorgesteinen	635
Magneteisen in augitischen Labradorgesteinen . .	636
Vereinfachung der Analyse augitischer Labradorgesteine .	637
Fehler in der gesonderten Analyse	638
Analysen von augitischen Labradorgesteinen . .	640
Analysen von Melaphyren	641
Gemengtheile in der Grundmasse	644
Hornblende in der Grundmasse	645
Verminderung des Kalks bei Zersetzung der Melaphyre .	647
Wassergehalt des Labrador	648
Die Gewässer führen mehr Basen als Kieselsäure fort .	650
Die Grundmasse zersetzt sich mehr, als die eingeschlossenen Krystalle	651
Quarz in der Grundmasse der Melaphyre . . .	652
Eisenhaltiger Chlorit in den Drusen der Melaphyre .	653
Eisenhaltiger Chlorit ein Zersetzungsproduct der Grundmasse der Melaphyre	654
Quarz und Epidot in Drusen der Mandelsteine . .	655
Dieselben zufälligen Fossilien in verschiedenen Melaphyren	656
Analysen von Melaphyren	658
Gemengtheile in der Grundmasse	661
Organisches im Melaphyr	664

Seite.
Analysen von Doleriten 666
Zusammensetzung der Dolerite 669
Zusammensetzung der Augitlava 670
Veränderter Melaphyr von Gnettstadt . . . 674

Kapitel VII.

Olivin 676—692
Vorkommen des Olivin 677
Ursprung des Olivin 678
Der Olivin war in der Lava im festen Zustande enthalten 680
Ursprung des Olivin 684
Zersetzungen und Umwandlungen des Olivin . . 685
Verwitterte Olivine 687
Serpentin nach Olivin 689
Andere Umwandlungen sind nicht bekannt . . 690

Kapitel VIII.

Basalt 693—794
Analysen von Basalt 694
Gemengtheile des Basalt 704
Bestandtheile, die sich durch Zersetzung des Basalt ausscheiden 707
Zersetzung der Basalte 720
Höhe der Basaltkegel und der durchbrochenen Grauwacke 724
Die Basalte haben nicht die Thäler durchbrochen . . 726
Wie die Lava in Spalten aufsteigt 727
Wasserdämpfe heben die Lava 728
Unter der Grauwacke feuerflüssige Massen . . 729
Die Grauwacke hat sich mehr als die Basaltkegel erniedrigt 730
Uebergang der Lava in Basalt 731
Grauwacke und Thonschiefer eingeknetet in Lava . . 732
Eine plutonische Metamorphose ist nicht möglich . . 733
Zusammenhang basaltischer Ströme mit Kratern . . 734
Basaltische Ströme ohne Krater 736
Basalt-Gestein aus feuerflüssigen Massen . . . 737
Mächtigkeit der Basaltgänge 738
Schmelzbarkeit der Lava und des Granit . . . 739
Versuche über die Erstarrung in engen Kanälen . . 740
Folgerungen aus den Versuchen 741
Erstarrung des feuerflüssigen Basalt in engen Spalten . 742
Basalt lagerartig zwischen sedimentären Formationen . 745
Grauwacke und Thonschiefer eingeknetet in Lava . . 749

	Seite.
Wechsellager von zersetztem und nicht zersetztem Basalt	750
Wirkung feuerflüssiger Massen auf das Nebengestein .	751
Veränderungen des Nebengesteins	752
Saalbänder von glasiger Lava	759
Ein Basaltgang in unmittelbarem Contact mit Thonschiefer	760
Glasige Ueberzüge werden nach und nach zersetzt .	761
Ein Basaltgang mit Saalbändern	762
Wirkung der Hitze des Basalt auf plastischen Thon .	763
Wirkung der Hitze des Basalt auf Braunkohlen . .	764
Umwandlung des bituminösen Holzes in Pechkohle .	765
Wirkung der Hitze des Basalt auf Braunkohlen . .	766
Erhebung der Augitporphyre	768
Trappsteine im Kohlengebirge der Nahe und Saar .	769
Bestandtheile des Basalt in Meteorsteinen . . .	772
Krystallinische Hüttenschlacken	773
Bildung der Kalksilicate auf nassem Wege . . .	775
Bildung der Eisenoxydulsilicate auf nassem Wege . .	781
Silicate, welche sich nur in Drusen und Gängen bilden .	785
Silicate, welche sich im körnigen Kalk bilden . .	786
Bildung von Diopsid u. s. w. in Gängen und Drusen .	788
Umwandlung der Carbonate in Silicate auf nassem Wege .	789
Ursprung der Kohlensäure-Exhalationen . . .	791
Bildung von Silicaten im Innern der Erde . . .	793

Kapitel IX.

Vorkommen der Basaltgänge mit Erzgängen .	795—844
Umwandlung des Basalt in Gängen	796
Umwandlungs- und Zersetzungsproducte des Basalt .	797
Keine Veränderungen im Erzgange durch Basalt . .	798
Analysen des Basalt und seiner Umwandlungsproducte .	799
Folgerungen aus den Analysen	804
Die Gewässer führten viele Stoffe fort und zu . .	805
Absatz des Eisen- und Manganoxyd . . .	806
Die Hälfte der Kieselsäure ist fortgeführt worden . .	807
Wohin die Kieselsäure und die Kalkerde gekommen sind .	808
Zersetzung des Kalksilicat durch Kalkbicarbonat. . .	809
Wanderung der kohlensauren Kalkerde . . .	810
Zersetzter Rhodonit und Bustamit	811
Reihenfolge in den Absätzen der Carbonate . .	812
Eisenoxydulcarbonat setzt sich früher als Kalkcarbonat ab .	814
Absätze aus kalten Quellen	815
Eisenspath setzt sich nicht aus aufsteigenden Quellen ab .	816

	Seite.
Aus heifsen Quellen haben sich keine Achate abgesetzt .	818
Kalkspath, letzter Absatz aus Gewässern . . .	819
Sphärosiderit in Drusenräumen	822
Eisen und Mangan setzen sich zuerst ab . . .	823
Eisenspath nach Kalkspath	824
Kalkspath wird wieder fortgeführt	825
Der Eisenspath enthält Mangan	826
Die Chemie griff erst spät in die Geogenie ein . .	827
Resultate der Kapitel IV—IX	829
Nachträge	841

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Einleitung.

Unser Streben war in der zweiten Hälfte des ersten Bandes (S. 393 ff.) dahin gerichtet, die Fossilien, wie sie im Mineralreiche vorkommen, in zwei Classen, in die der primären und in die der secundären, zu bringen. Eine grofse Anzahl von ihnen, die Erze, waren von unseren Betrachtungen ausgeschlossen. Um in den Stand gesetzt zu werden, auch diese Fossilien zu classificiren, müssen wir vorher die Fundorte derselben kennen lernen. Sie kommen in allen Formationen, in krystallinischen wie in sedimentären, und zwar vorzugsweise in Spalten (Gängen) derselben vor. Die Betrachtung dieser Formationen und der in ihnen vorkommenden Spalten mufs daher der der Erze vorher gehen.

Jene Unterscheidung zwischen primären und secundären Fossilien und zwar derjenigen, welche die krystallinischen und sedimentären Formationen zusammensetzen, ja sogar eine grofse Zahl von Spalten ganz oder theilweise erfüllen, bildet die einzige sichere Basis für weitere Forschungen über den Urzustand unserer Erde. Alle Theorien, welche auf jene Unterscheidung keine Rücksicht nehmen, welche wasserfreie Silicate neben wasserhaltige (Zeolithe), Feldspathe, Augite, neben Carbonate, Sulphate u. s. w. stellen, welche alles, was im Mineralreiche vorkommt, in der Schöpfungsperiode bilden lassen wollen, tragen ihre Unzulässigkeit in sich selbst.

Doch bis zu diesem Extreme sind die Theorien der neueren Zeit, seitdem die Chemie in geologische Forschungen eingriff, selten geführt worden. Die mannichfaltigsten Umwandlungen im Mineralreiche, namentlich in den Erzgängen, sind schon längst erkannt, schon längst ist man auf den Unterschied zwischen primären und secundären Bildungen ge-

führt worden. Man ist aber auf halbem Wege stehen geblieben.

Dafs z. B. die gesäuerten Bleierze, das kohlensaure, schwefelsaure Bleioxyd u. s. w. secundäre Bildungen aus Bleiglanz, dafs Brauneisensteine sehr häufig umgewandelte Eisenspathe seien, diefs konnte nicht unerkannt bleiben: die Beweise lagen zu offen da. Ob aber, um beim letzteren Beispiele stehen zu bleiben, nicht auch der Eisenspath eine secundäre Bildung sei, hervorgegangen aus Eisenoxydul-Silicaten, die in allen krystallinischen, wie sedimentären Formationen in ungeheurer Menge vorkommen, diefs wurde nicht einmal in Frage gestellt, sondern die Plutonisten, welche in den letzten Decennien fast allein das Wort führten, liefsen ihn, unbekümmert, ob es als möglich gedacht werden könne oder nicht, in den Gangspalten als feuerflüssige Masse aufsteigen, und hielten sich defshalb für berechtigt, dieses Carbonat als eine ursprüngliche Bildung neben Feldspath hinzustellen.

Wenn noch vor 31 Jahren einer der ersten unter den damaligen Chemikern, Klaproth *), das Kaolin als ein ursprünglich gebildetes Naturproduct betrachtete: so darf man es noch weniger den Geologen verargen, wenn sie gleicher Ansicht huldigten. Allein auch Klaproth verdient keinen Vorwurf; denn er schlofs nach dem damaligen Standpuncte der Chemie ganz richtig, dafs weder durch Entweichung von chemisch gebundenem Wasser, noch durch Zutritt des Sauerstoffs, Schwefels oder corrosiver Dünste eine Verwitterung des Feldspaths gedacht werden könne, und dafs daher, weil man damals keine anderen Zersetzungsmittel der Fossilien kannte, das Kaolin nicht von zersetztem Feldspathe herrühren könne. Hat man sich bald nachher von dem Irrthümlichen dieser Ansicht auf mineralogischem, wie auf chemischem Wege überzeugt; ist man sogar zu der Ueberzeugung gekommen, dafs alle Thone im Mineralreiche keinen anderen Ursprung, als aus zersetzten Feldspathen haben: so ist man gewifs auf halbem Wege stehen geblieben, wenn man, nach dem Vorbilde eines so grofsartigen Umwandlungsprocesses, nicht einmal die Frage aufwarf, könnten denn nicht auch die Zeolithe durch

*) Beiträge B. VI. S. 280.

ähnliche Prozesse aus primären Fossilien, etwa gleichfalls aus Feldspathen hervorgegangen sein? — Die ultraplutonischen Wortführer, getäuscht durch den Umstand, dafs sie neben primären Fossilien, neben Feldspath, Augit, Hornblende u. s. w., Zeolithe fanden, nahmen auf Treu und Glauben auch die letzteren für ursprüngliche Bildungen. Um ihren Wassergehalt mit der vermeintlichen Entstehung auf feuerflüssigem Wege in Einklang zu bringen, quälten sie sich und das Wasser mit mancherlei Hypothesen, liefsen plutonische Massen, in denen sie die Zeolithe fanden, unter gewaltigem Drucke zu Tage kommen, unbekümmert darum, ob unter einem solchen Drucke auch Pflanzen und Thiere wachsen und gedeihen konnten.

Diese Bemerkungen werden hinreichend zeigen, dafs eine Classification der Fossilien in primäre und secundäre der Betrachtung der krystallinischen Gesteine vorausgehen mufs; denn wie sind wir im Stande, uns klare Vorstellungen von der Entstehung solcher Gesteine, etwa der Basalte, zu machen, wenn wir alles, was wir in ihnen finden, Zeolithe wie Feldspathe, Carbonate wie Augite u. s. w., durch einander werfen und als Producte aus demselben Schmelztiegel betrachten!

Für den beschreibenden Naturforscher mag es hinreichen, wenn er alle diese Gemengtheile der Reihe nach herzählt, höchstens die wesentlichen von den unwesentlichen, die vorwaltenden von den zurückgedrängten sondert. Aber wie viele Geognosten haben sich blofs innerhalb der Grenzen der Naturbeschreibung gehalten? — Sind sie nicht Alle mehr oder weniger in das Gebiet des Genetischen übergegangen? — Wie ist es aber möglich, zu einer richtigen Erklärung zu kommen, wenn man den kohlensauren Kalk im halbzersetzten Basalte, den man nur durch das Brausen mit Säuren erkennt, eben so entstehen läfst, wie den Augit, den er umgiebt? —

Ein neues Licht ging auf, als man auf die Pseudomorphosen des Mineralreiches aufmerksam wurde. Wie aber dieses treffliche Hülfsmittel zur Erforschung der unorganischen Umwandlungsprocesse zum Theil noch jetzt gewürdigt wird, liest man in einem im Jahre 1846 erschienenen Werke *)

*) Geologie von Alex. Petzholdt, zweite Aufl. S. 295.

„Wenn ich mich," heifst es daselbst, „ein für allemal von dem Metamorphismus lossage, so geschieht es blofs in Beziehung auf den der Geologen. Eben so wenig beabsichtige ich, den Versuchen, die Entstehung der sogenannten Pseudomorphosen zu erklären, wie solche von Landgrebe, Blum und Haidinger angestellt worden sind, absprechend entgegenzutreten; allein ich meine, man thue Unrecht, wenn man diese stets localen und zum gröfsten Theile ihrer wahren Beschaffenheit nach noch gar nicht erkannten Erscheinungen etwa zur weiteren Erhärtung des Lyell'schen Metamorphismus oder gar zur Bestätigung der mancherlei Ausartungen desselben benutzen wollte, wie es wenigstens von Blum und Haidinger bereits theilweise geschehen ist, indem namentlich der Letztere der genannten Gelehrten geradezu zu dem Ausspruche kommt: „„Aus diesem Gesichtspuncte sind die Pseudomorphosen von unendlicher Wichtigkeit für die Theorie der Bildung unseres Erdkörpers;"" eine Ansicht, die ich in keinerlei Weise theilen kann."

Sich vom Metamorphismus im Mineralreiche ein für allemal loszusagen, heifst, sich die Augen absichtlich verschliefsen zu wollen. — Wie alle Erscheinungen auf Erden an gewisse Localitäten gebunden sind, so ist es auch mit den Pseudomorphosen. Es sind aber Localitäten, in denen die Ultraplutonisten nicht gerne hausen: Localitäten, vorzugsweise Gänge und Höhlenräume, wo die herabfallenden Wassertropfen nur zu deutlich zeigen, dafs dort das Reich des Pluto zu Ende ist.

Man möchte sagen, die Natur sei ihrem Streben, sich so oft zu verhüllen, wie es wenigstens uns Kurzsichtigen scheint, in den Pseudomorphosen untreu geworden; denn man kann kaum aus irgend einer Erscheinung auf Vorgänge in längst vergangener, so wie in gegenwärtiger Zeit mit gröfserer Sicherheit, als aus den Umwandlungen im Mineralreiche auf das, was früher war, schliefsen.

Wer würde erkennen, dafs ein gegebener Speckstein ehemals Feldspath oder Glimmer oder Turmalin u. s. w. war, wenn stets mit Veränderung der Materie eine Veränderung der Form begleitet wäre? — Wenn wir aber den Speckstein in der Krystallform des einen oder des anderen dieser Fos-

silien finden: so ist es nicht mehr eine Vermuthung, sondern eine ausgemachte Thatsache, dafs jener früher nicht Speckstein, sondern Feldspath oder Glimmer u. s. w. war. Es bleibt also nur zu untersuchen übrig, auf welche Weise die Natur die Umwandlung bewirkt habe. Wo die Chemie, welche nur an das Materielle sich halten kann, uns verläfst, da hilft die Krystallographie.

Findet sich auch nur einmal im Mineralreiche irgend eine Pseudomorphose, so zeigt sie, was die Natur machen kann und was sie einmal macht, kann sie auch öfter zu Stande bringen. Die von Blum *) beschriebene Pseudomorphose des Quarzes in Bleiglanz-Würfeln, welche, unsers Wissens, nur auf der Grube *Haus-Baden* bei *Badenweiler* vorkommt, zeigt, dafs der Bleiglanz durch irgend einen Procefs fortgeführt werden, und an seine Stelle Quarz treten kann. Die Natur kann also jenen durch diesen verdrängen. Weil aber diese Verdrängungs-Pseudomorphose eine locale Erscheinung ist, so mufs sie auch an locale Bedingungen geknüpft sein, welche kennen zu lernen ein Gegenstand der Forschung ist.

Könnte die Seltenheit einer Erscheinung ein Grund sein, sie unbeachtet zu lassen, so wäre auf eine, etwa nur einmal in weiter Erstreckung einer sedimentären Formation vorkommende, Versteinerung nur wenig Werth zu legen. Gleichwohl entscheidet nicht selten ein solches Vorkommen über das relative Alter der sedimentären Bildung. Ueberhaupt, was die Petrefacten für die Kenntnifs der Reihenfolge dieser Bildungen sind, das sind die Pseudomorphosen für die Kenntnifs der Umwandlungsprocesse, welche im Mineral- wie im Pflanzen- und Thierreiche immerfort vor sich gehen. Wir theilen daher die angeführte Ansicht Haidinger's über die Bedeutung, den die Pseudomorphosen für die Geologie haben, vollkommen und können die Bestrebungen, aus ihnen metamorphische Erscheinungen zu erklären, nichts weniger, als für Ausartungen halten.

Wenn die Natur krystallisirte Körper pseudomorphosiren kann, so ist keinen Augenblick zu zweifeln, dafs sie auch formlose Substanzen umzuwandeln im Stande ist. Es ist so-

*) Die Pseudomorphosen des Mineralreichs. S. 238.

gar zu erwarten, dafs letztere noch leichter eine Umwandlung erleiden, da die Chemie zeigt, wie unkrystallisirte oder nur unvollkommen krystallisirte Körper von Auflösungsmitteln leichter, als Krystalle, angegriffen werden. So könnte man z. B. nicht zweifeln, dafs ein aus Feldspath und Augit bestehendes krystallinisches Gestein, welches aber so feinkörnig wäre, dafs die Krystalle der Gemengtheile kaum mehr unterschieden werden könnten, unter gewissen Umständen einer gleichförmigen Umwandlung in Speckstein fähig wäre; denn man findet Speckstein in Formen von Feldspath und von Augit. Sprächen daher andere Gründe für eine solche Umwandlung, fände man etwa mitten im Specksteine eingeschlossene Fragmente eines solchen aus Feldspath und Augit bestehenden Gesteins: so könnte Niemand gegen eine solche Annahme etwas erinnern; denn man wird doch zugeben, dafs eben so gut, als einzelne Feldspath- und Augitkrystalle eine solche Umwandlung erleiden können, auch ganze Gebirgsmassen dazu fähig sind.

Aus vorstehenden Bemerkungen ersieht man, wie mit Hülfe der Pseudomorphosen die Classification der Fossilien in primäre und secundäre ergänzt werden kann, worauf wir schon im ersten Bande Bezug genommen haben. Die Betrachtung der Pseudomorphosen mufs daher der der krystallinischen Gesteine vorangehen.

Die Untersuchungen in Betreff der Unterscheidung zwischen primären und secundären Fossilien sind einer Ausdehnung bis zu den Elementen selbst fähig. Diejenigen Geologen, welche die Elemente aus der Hand des Schöpfers hervorgehen und daraus erst die zusammengesetzten Körper entstehen lassen, mithin einen synthetischen Weg verfolgen, müssen natürlich solche Untersuchungen für ein vergebliches Bemühen halten. Wir haben indefs schon (B. I. S. 584) gezeigt, wie es bei weitem wahrscheinlicher ist, dafs das Zusammengesetzte früher, als das Einfache existirt habe. Jene Geologen, welche sich von der Idee einer Existenz der Elemente in der Schöpfungsperiode nicht losreifsen wollen, müssen wenigstens zugeben, dafs dieser elementare Zustand nur ganz kurze Zeit gedauert haben könne; es sei denn, dafs die chemischen Verwandtschaften damals nicht existirt haben,

oder dafs damals die Allmacht ihre Wirkungen durch ein Wunder aufgehoben habe. Wozu aber solche Annahmen, die uns um kein haarbreit weiter bringen? —

Wollen wir die Gründe, welche zur Ansicht führen, dafs das Zusammengesetzte früher als das Einfache existirt habe, etwas näher entwickeln: so müssen wir dem uns gesteckten Ziele (B. I. S. 3), dafs der Geolog die Erde als etwas Gegebenes nimmt, ohne sich darum zu bekümmern, wie sie geworden ist, für einige Augenblicke untreu werden. Wir bitten daher unsere Leser, uns eine kurze Zeit zu folgen, wenn wir uns in ein Feld wagen, wo das Thatsächliche aufhört.

Kein Werk hat sich mit gröfserem Glücke in dieses Feld gewagt, als Laplace's Entwicklung des Weltsystems, in welchem die Resultate der tiefsinnigsten mathematisch-astronomischen Untersuchungen verflossener Jahrhunderte, abgesondert von den Einzelnheiten der Beweise, vorgetragen werden. Der Bau des Himmels erscheint darin als die einfache Lösung eines grofsen Problems der Mechanik. Und wohl noch nie, sagt v. Humboldt, ist die Exposition du Système du Monde, ihrer Form wegen, der Ungründlichkeit beschuldigt worden *).

Diese Hypothese nimmt, statt unserer jetzigen Sonne mit ihren Planeten und Trabanten, eine Dunstkugel von einer so ungeheuren Ausdehnung an, dafs ihr Durchmesser weit über die Bahn ihrer äufsersten Planeten reichte. Diese Dunstkugel, welche das wägbare Material der späteren Sonne und aller anderen, unserem jetzigen Sonnensysteme angehörenden Weltkörper in sich enthielt, besafs eine ungemein grofse Hitze, und konnte sich nur unter allmähliger Abgabe derselben an den Himmelsraum und durch die damit nothwendig verknüpfte Zusammenziehung zu einzelnen Nebelmassen umgestalten, welche das Material zu den einzelnen Weltkörpern unseres Planetensystems enthielten.

Bleiben wir bei der abgetrennten Nebelmasse, welche das Material zu unserer Erde enthielt, stehen, und folgen wir dem Ideengange Petzholdt's **): so mufste diese Nebel-

*) Kosmos Bd. I. S. 30.

**) A. a. O. S. 23.

masse durch die Abnahme der Wärme, welche sie von der Zeit her noch besafs, wo sie einen Theil der heifsen Sonnenatmosphäre, nach Laplace, ausmachte, anfangen, sich zusammenzuziehen und zu verdichten, wobei die in ihr in Dampfform enthalten gewesenen verschiedenen Elemente einander näher gerückt und in innigere Berührung gebracht wurden. Erst in diesem Zustande konnten sich dieselben, je nach ihrer wechselseitigen Verwandtschaft, mit einander chemisch vereinigen, indem die Chemie als allgemeines Gesetz aufstellt, dafs die Körper in unmittelbare Berührung mit einander kommen müssen, wenn chemische Verbindung stattfinden soll.

Da hätten wir also einen elementaren Zustand in dem Materiale, aus welchem unsere Erde geworden ist. Allerdings wirkt die chemische Verwandtschaft nicht in die Ferne und gasförmige Körper verbinden sich um so schwieriger mit einander, je mehr sie verdünnt sind; allein der Beweis läfst sich nicht führen, dafs es endlich einen Grad der Verdünnung geben müsse, wo chemische Verbindung gar nicht mehr statt haben könne.

Es ist bekannt, dafs ein Gemenge aus Sauerstoff- und Wasserstoffgas um so schwieriger zu entzünden ist, je mehr es verdünnt wird, und dafs bei einem gewissen Grade der Verdünnung keine Detonation durch den elektrischen Funken mehr stattfindet. Man würde aber irren, wenn man glauben wollte, die Verbrennung sei dann völlig Null. Sie findet allerdings noch statt, aber es verbrennt so wenig vom Wasserstoffe und es wird dadurch so wenig Wärme entwickelt, dafs letztere sich in dem verdünnten Gasraume zerstreut, ohne die Verbrennung fortzusetzen. Läfst man durch das Gasgemeng fortwährend elektrische Funken schlagen, so verbrennt nach und nach aller Wasserstoff. Ohne Zweifel würde auch ein noch so sehr verdünntes, in ein Gefäfs eingeschlossenes Knallgas verbrennen, wenn es eine Zeit lang zwischen glühende Kohlen gebracht würde.

Es hat daher wenig Wahrscheinlichkeit, dafs in einer Nebelmasse, in welcher alle brennbaren Körper der Erde im gasförmigen Zustande neben Sauerstoffgas, Chlorgas, Schwefelgas, wenn auch in einem noch so sehr expandirten Zustande sich befänden, bei der angenommenen ungemein gro-

fsen Hitze, im unverbundenen Zustande lange neben einander hätten beharren können.

Warum will man überhaupt ein Verhältnifs in jener nebeligen Erdbildungs-Periode fingiren, welches den Gesetzen der Chemie so sehr entgegen ist? Was ist es, welches dazu nöthigt? — Nichts anders, als dafs man der Allmacht durchaus die Rolle eines synthetischen Chemikers, aber eines solchen zutheilen will, der erst Elemente schafft, um sie nachher mit einander zu verbinden.

Es scheint uns der Begriff der Elemente nur für die geschaffene Natur (natura naturata), nicht aber für die schaffende Natur (natura naturans) zu gelten. Für jene, mithin auch für den Chemiker, giebt es gewifs Elemente; denn nicht eine einzige Erscheinung liegt vor, woraus man auf eine Umwandlung eines Elements in ein anderes schliefsen könnte. Aber der schaffenden Natur gegenüber von Elementen zu sprechen, führt mehr oder weniger auf Leucipp's und Demokrit's Versuche, die Körperwelt ohne Weltgeist und ohne von ihm abstammende Kräfte zu erklären. Wenn wir aber die Materie überhaupt als etwas von der Allmacht Geschaffenes betrachten, wird der Begriff des Elementaren gänzlich ausgeschlossen; denn das Schaffen setzt voraus, dafs etwas werde, was es früher nicht war, und dafs die Allmacht, welche, wie es in der Genesis heifst, aus Nichts die Welt geschaffen hat, auch ein Element in ein anderes umwandeln kann, wird Niemand in Abrede stellen.

Das Vorkommen elementarer Körper in unserer Erde gehört, so weit und so tief wir sie kennen, zu den gröfsten Seltenheiten; es lag daher nicht im Plane der Vorsehung, aus ihnen wesentliche Theile der Erdkruste zu bilden. Defshalb können wir keinen Grund finden, warum die Allmacht die Elemente geschaffen haben sollte, um sie von dem Momente an, wo die Erde oder das Material derselben anfing, sich zu consolidiren, für immer mit einander zu verbinden. Finden wir überall in der ganzen Schöpfung Zweckmäfsigkeit, und eine weise Berechnung für den Dienst des organischen Lebens: so läge es dem Menschen nahe, sein Bedauern auszusprechen, warum die von der Allmacht im elementaren Zustande geschaffenen und ihm so unentbehrlichen Metalle

nicht als solche dem kommenden Menschengeschlechte aufbewahrt worden seien, sondern ungewöhnliche Kräfte aufgeboten, ganze Wälder verwüstet werden müssen, um die zwecklos mit ihnen in Verbindung getretenen, nicht metallischen Stoffe wieder abzuscheiden.

So weit wir das Wirken der Natur bis in die frühesten Zeiten verfolgen können, sehen wir, dafs sie keineswegs synthetisch, sondern rein analytisch verfährt. Doch ehe wir auf den durch die Erfahrung erhellten Standpunct zurückkehren, wollen wir die weiteren Consequenzen verfolgen, welche man aus Laplace's Hypothese gezogen hat.

In Folge der Abkühlung und Verdichtung jener abgetrennten Nebelmasse, welche das Material zu unserer Erde enthielt, wurde ein ungeheurer Verbrennungsprocefs eingeleitet, welcher die brennbaren Elemente mit dem vorhandenen Sauerstoffe vereinigte, und dessen Producte wir heut zu Tage in allen Erden und Gesteinen eben so gut, wie im Wasser und in der Luft wiederfinden, während nur wenige, wegen geringer Verwandtschaft zu genanntem Stoffe, es vorzogen, sich mit dem Wasserstoffe zu vereinigen, und noch andere, wegen geringer Verwandtschaft zu beiden, isolirt und unverbunden blieben. Es mufste aber durch diesen chemischen Procefs eine Hitze erzeugt werden, welche mehr als hinreichend war, die entstandenen Verbindungen entweder zu schmelzen, oder, wenn sie flüchtig waren, in Dampf zu verwandeln. Die geschmolzenen nicht flüchtigen Verbindungen flossen zur glühenden Kugel zusammen, die flüchtigen verdampfbaren umgaben sie als heifse Atmosphäre.

Wären die Vorgänge so gewesen, so würde, nach jenem ungeheuren Verbrennungsprocesse, die damalige Erde wieder in den Nebelzustand zurückgekehrt sein. Nach der Voraussetzung waren die brennbaren Elemente noch im dampfförmigen Zustande, als sie sich mit dem Sauerstoffe verbanden. Jener Zustand setzt aber immer noch einen Hitzgrad voraus, der unsere Vorstellungen übertrifft; denn gerade diejenigen Metalle und Metalloide, welche zu den am meisten verbreiteten gehören, wie Eisen, Aluminium, Silicium, (Kiesel) sind die feuerbeständigsten, welche bei keinem uns bekannten Hitzgrade in den dampfförmigen Zustand übergeführt werden

können. Kam nun zu diesem hohen Hitzgrade noch die Hitze, welche sich in Folge der Verbrennung entwickelte: so mufsten die unabhängig davon, im dampfförmigen Zustande sich darstellenden Producte der Verbrennung in hohem Grade ausgedehnt werden. Die, nach jener Annahme, durch allmählige Abkühlung zusammengezogenen Elemente bekamen demnach in ihren Verbindungen die verlorne Wärme wieder zurück und so mufste also wiederum eine, nunmehr aber aus Oxyden bestehende Nebelmasse entstehen. Wenn daher in obiger Darstellung der Erdbildung gesagt wird, die durch den Verbrennungsprocefs erzeugte Hitze sei mehr als hinreichend gewesen, die entstandenen Verbindungen entweder zu schmelzen, oder in Dampf zu verwandeln: so ist diefs nicht die richtige Schlufsfolge aus den vorausgesetzten Prämissen. Die Dampfform so feuerbeständiger Körper, wie z. B. des Eisens und seines Oxyduls, setzt einen höheren Hitzgrad, als ihr flüssiger Zustand voraus; es sei denn, man wollte annehmen, das Eisen sei in einem so sehr höhern Grade flüchtiger, als das Eisenoxydul, dafs das dampfförmige Eisen nach seiner Verbindung mit Sauerstoff diesen dampfförmigen Zustand aufgeben mufste, und erst durch die während der Oxydation frei werdende Wärme zum Schmelzen kommen konnte.

Man sieht, dafs man bei diesem Erdbildungs-Versuche, wie bei allen anderen Versuchen dieser Art, auf Schwierigkeiten und Widersprüche stöfst, welche, um sie zu heben, neue willkührliche Annahmen fordern. Diefs ist eine unzertrennliche Folge, wenn man über das Gebiet der Erfahrung hinausschweift. Daher können alle solche Ausschweifungen nur als Phantasie-Gemälde betrachtet werden und gehören, streng genommen, nicht in eine Wissenschaft, welche sich immer mehr bemühen sollte, alles Willkührliche abzustreifen, um nach und nach die Ehre zu erkämpfen, zu den exacten gezählt zu werden.

Von Humboldt *) sagt sehr wahr: „das Seiende ist, im Begreifen der Natur, nicht von dem Werden absolut zu scheiden; denn nicht das Organische allein ist ununterbrochen im Werden und Untergehen begriffen, das ganze Erden-

*) Kosmos Bd. I. S. 63.

leben mahnt, in jedem Stadium seiner Existenz, an die früher durchlaufenen Zustände.“ So weit wir aber im Werden zurückgehen und wenn auch bis zu den Nebelflecken, die sich auflösen oder gegen ihre Mitte verdichten: so müssen wir doch stets von einem Sein ausgehen. Der ganze Unterschied besteht darin, das der Kühnere von einem früheren, der minder Kühne von einem spätern Zustande ausgeht. Wir haben die Erde als etwas Gegebenes genommen. Mit dem geringsten Rechte könnte man uns aber den Vorwurf machen, dafs wir das Seiende von dem Werden absolut geschieden haben.

Sind unsere Leser auch nur so weit uns auf dem eingeschlagenen Wege gefolgt, das sie mit uns das Ziel, zu dem wir steuerten, nicht aus den Augen verloren haben: so werden sie uns vielleicht eher den Vorwurf machen, dafs sich in unseren Darstellungen gar keine Ruhepuncte finden, dafs in denselben, so zu sagen, das Seiende vom Werden verschlungen wird. Wir haben an vielen Stellen darauf hingedeutet, dafs wir in den Gebilden der unorganischen Natur nirgends einen stationären Zustand erblicken können, und wir werden in der Folge, bei Betrachtung der krystallinischen und sedimentären Gesteine, nachweisen, dafs in der unorganischen Natur das Wandelbare noch im höheren Grade hervortritt, wie in der organischen. Man durchlaufe nur die grofse Reihe verschiedener Zustände einer krystallinischen Gebirgsart von dem Momente an, wo sie, nach unseren Vorstellungen, krystallinisch erstarrte, bis zu ihrer gänzlichen Auflösung in eine sedimentäre Formation. In keinem Momente erblicken wir einen stationären Zustand; denn wenn auch Jahrhunderte und Jahrtausende erforderlich sind, um den Zustand eines krystallinischen Gesteins so zu ändern, dafs die Veränderung für uns wahrnehmbar wird: so sagt uns doch unser Verstand, dafs dieselbe nicht sprungweise, sondern nur in einer unendlichen Reihe, erfolgen kann.

Ob auch im unorganischen Reiche, wie im organischen, ein Kreislauf stattfindet, ob je aus den Elementen der zerstörten krystallinischen Gebirgsart wieder ein neues krystallinisches Gebilde hervorgeht, wie aus den Elementen zerstörter Pflanzen und Thiere oft in den nächsten Momenten neue Pflanzen und neue Thiere sich bilden, diefs ist eine Frage,

die sich nicht so leicht beantworten läfst. Die Idee einer Metamorphose im Mineralreiche, möchte man sagen, dringt sich dem Naturforscher von selbst auf, und dafs diese Idee, wie es scheint, nur zu sehr von den Geologen ergriffen worden ist, darauf werden wir später zurückkommen. Führt Analogie zu dieser Idee, glauben wir, dafs das, was wir in der organischen Natur überblicken können, auch der Typus für die unorganische sei, nur dafs hier alles in ungleich längeren Perioden, wie dort, wiederkehrt: so dürfen wir doch auf der andern Seite nicht übersehen, dafs das Mineralreich an sich keinen Selbstzweck hat, sondern nur das Mittel für höhere Zwecke, für das organische Leben ist. Aus der untergegangenen Pflanze, aus dem verwesten Thiere kann nichts höheres, als eine neue Pflanze und ein neues Thier werden. Welchen Zweck könnte es aber haben, wenigstens nach unseren Begriffen von fortschreitender Veredlung, wenn die Elemente der zerstörten krystallinischen Gebirgsart, nachdem sie zu einem sedimentären Gebilde geworden sind, nun abermals durch diese oder jene Kraft wieder in den früheren krystallinischen Zustand zurückkehrten? Mühsam und mit einem Aufwande von Millionen Jahren zerstört die Natur den Granit, um Erde für das Pflanzenwachsthum und Nahrungsmittel für Thiere und Menschen zu schaffen; was würde also gewonnen werden, wenn sie abermals aus diesen Elementen einen neuen Granit bildete? — Solche Betrachtungen, welche von der Idee einer überall waltenden Zweckmäfsigkeit und Vervollkommnung ausgehen, dürfen indefs den empirischen Naturforscher nicht allein leiten: sie könnten leicht eine Klippe werden, an der die wahre Forschung scheiterte.

So weit wir das Wirken der Natur bis in die frühesten Zeiten verfolgen können, sehen wir, dafs sie keineswegs synthetisch, sondern rein analytisch verfährt, sagten wir vorhin. Stellen wir uns nun auf den dort etwas auf die Seite geschobenen Standpunct der Erfahrung.

Die Natur liefert uns in krystallinischen, wie in sedimentären Gesteinen nur gemengte Massen. Betrachten wir die ersteren dieser Gesteine als Erzeugnisse des Feuers: so begreifen wir, dafs dieses Agens keine Sonderung des Zusammengesetzten in Einfaches bewirken konnte. Wie könnte

diefs auch sein, da das Feuer den flüssigen Zustand herbeiführt, in welchem, wie die tägliche Erfahrung lehrt, gerade das Ungleichartige zum Gleichartigen wird!

Bei unseren hüttenmännischen Processen, in unseren Glasöfen vereinigt sich das Ungleichartigste, und wenn, wie bei der Glasfritte, Einzelnes sich ausscheidet, so ist dieses nur ein Gemengtes. Würde bei jenen Processen nicht die reducirende Kohle zugesetzt, so würde der noch so lange anhaltende Schmelzprocefs oxydirter Körper nichts anderes, als glasartige Massen geben. Nur wenn ganz ungleichartige Massen, Oxyde und Schwefelmetalle geschmolzen werden, tritt eine Sonderung ein, wie der Kupferschmelzprocefs zeigt. Nur in seltenen Fällen erfolgen bei diesen Schmelzprocessen Sonderungen durch Saigerung oder Sublimation: jene nur bei metallischen Gemischen, deren Bestandtheile sehr verschiedene Grade der Schmelzbarkeit und wenig Verwandtschaft zu einander haben; nie aber bei Oxyden; diese blofs bei Substanzen von ungleicher Flüchtigkeit, wie bei Metallen, einigen Metalloxyden und einigen Schwefelmetallen. Bei denjenigen Substanzen aber, welche die Hauptbestandtheile der Erdkruste, so weit wir sie kennen, ausmachen: bei der Kieselsäure, Thonerde, Kalkerde, Magnesia, und beim Eisenoxyd, kann weder durch Saigerung noch durch Sublimation Sonderung eintreten.

Bei langsamer Erstarrung der grofsen feuerflüssigen Massen in der Natur trat in so weit Sonderung ein, dafs verschiedene Substanzen in mehr oder weniger deutlichen Krystallen herauskrystallisirten, und Gemenge entstanden, deren Theile mehr oder weniger fest an einander adhäriren. Mit Ausnahme des Quarzes sind diese Gemengtheile verschiedenartig zusammengesetzte, homogene Massen. Diefs ist die ganze Sonderung, welche die Natur auf diesem Wege erreichen konnte.

Die Spalten in diesen krystallinischen Gebirgsarten füllten sich mit ähnlichen krystallinischen Massen, und bildeten die Gesteinsgänge. Auch hier konnte die Natur keine weitere Sonderung bewirken, als dafs sie krystallinische Gemengtheile von derselben oder von ähnlicher Art, wie in den Gebirgsmassen selbst, bildete. Diese Bildung mufste defshalb auf die-

selbe Weise, wie in letzteren von statten gehen. War es daher hier der feuerflüssige Weg, so mufste er es auch dort gewesen sein.

Wenn nun die Natur von den ersten Erstarrungs-Perioden der Erdkruste an bis zur Erfüllung der Spalten mit Gesteinsgängen keine weitere Sonderung der ursprünglich feuerflüssigen Masse bewirken konnte, als in Feldspath, Quarz, Glimmer, Hornblende, Augit u. s. w.: so würde es eine sonderbare Voraussetzung sein, wenn man ihr zutrauen wollte, dafs sie in späteren Perioden, zum Theil vor der Erfüllung der Spalten mit Gesteinsgängen, Sonderungen ganz anderer Art auf feuerflüssigem Wege hätte bewirken sollen. Eben so wenig, als wir Massen, die aus den verschiedenen, die Hauptbestandtheile der Erdkruste bildenden Oxyden bestehen, durch das Feuer scheiden können, vermag es die Natur; nur in so weit vermag sie mehr, als wir, als sie durch langsame Abkühlung und Erstarrung ungleichartige Gemengtheile abscheiden kann.

Um Sonderungen zu bewirken, mufste die Natur einen neuen Weg einschlagen. Durch Luft und Wasser zersetzte sie nach und nach die krystallinischen Gesteine. Die Zersetzungsproducte wurden theils auf mechanischem, theils auf chemischem Wege durch Gewässer fortgeführt. So trennte sich das fein Zertheilte von dem Groben, das Auflösliche von dem Unauflöslichen. Das mechanisch im Wasser Schwebende, wie das darin Aufgelöste setzte sich aus dem Wasser wieder ab. Jenes bildete abermals Gemenge verschiedener Substanzen, dieses homogene Gemische, häufig jedoch in Wechsellagerung verschiedener solcher Gemische. So entstanden die sedimentären Formationen.

In Spalten und Drusenräumen erreichte die Natur den höchsten Grad der Sonderung. In sie flossen und filtrirten die Gewässer, beladen mit den aus dem Gebirgsgesteine extrahirten Substanzen langsam und ruhig. Das Wasser verdunstete allmählig, das Ungleichartige bekam Gelegenheit sich zu sondern, und in verschiedenen Lagen sich abzusetzen. Bei einem so langsamen Uebergange aus dem Flüssigen in das Feste, konnte die Krystallisationskraft sich ungehindert äufsern; durch sie sonderte sich noch immer mehr das Un-

gleichartige ab und so bildeten sich in Drusenräumen und Spalten die schönen, zuweilen ungewöhnlich grofsen Krystalle, die unsere Bewunderung erregen. Hier traten Oxyde, Schwefelmetalle, Carbonate, Fluorüre, Sulphate u. s. w. auf. Aber auch neue zusammengesetztere Substanzen, die Zeolithe, bildeten sich, durch ihren Wassergehalt deutlich den Weg anzeigend, auf welchem sie erzeugt wurden.

Wenn die Ultraplutonisten, welche Kalkspath, Flufsspath, Barythspath u. s. w. im feuerflüssigen Zustande in Spalten aufsteigen, oder vielleicht gar sublimiren lassen, nur beachten wollten, dafs sich diese Spathe in der Masse der krystallinischen Gebirge in einem solchen abgesonderten Zustande, wie in Gangspalten, nirgends finden. Wenn sie den krystallinischen Gebirgen und den in ihren Spalten enthaltenen Spathen gleichen Ursprung auf feuerflüssigem Wege zutheilen: so müfsten sie es doch selbst als ein unbegreifliches Verhältnifs finden, wie zur Zeit, als die Gebirgsmassen gehoben und gebildet wurden, die Natur Alles pel mel durch einander warf, später aber, nachdem die Spalten in dem Gebirge entstanden waren, erst Sonderungen bewirkte. Das was nach ihrer Vorstellung in den Spalten aufstieg, mufste doch aus demselben Heerde kommen, aus welchem die Gebirgmassen gekommen waren; jenes hätte ja nur der Rest von diesem sein können.

Angenommen, es hätten ursprünglich zwei feuerflüssige Lager irgendwo unter der Erdkruste existirt: das obere wäre von der Art gewesen, dafs es ein krystallinisches Gestein hätte geben können, das untere wäre geschmolzener Barytspath gewesen. Jenes Lager wäre gehoben worden und nach und nach etwa zu Granit und Feldsteinporphyr erstarrt. Nehmen wir ferner an, das untere Lager wäre, nach der Bildung von Spalten in diesem Gesteine, als feuerflüssige Masse in denselben aufgestiegen, und darin erstarrt, und auf diese Weise hätten sich Barytspathgänge im Granit und Feldsteinporphyr, wie (Bd. I. S. 603) die bei *Schriesheim*, gebildet. Wäre alles so von statten gegangen: so hätte die granitische Masse genau bis zur Grenze des darunter gelegenen Barytspaths erstarren müssen; denn aufserdem hätte entweder jene voraus und hinterher Barytspath aufsteigen müssen, oder letzterer wäre halb erstarrt unter dem Granite liegen geblieben und halb in

der Spalte aufgestiegen. Den letzteren Fall könnte man zwar supponiren, da es wohl denkbar wäre, wie sich die Erstarrung in die unter dem Granite befindliche Barytspath-Masse zum Theil fortgesetzt hätte. Der Barytspath, strengflüssiger und defshalb schneller erstarrbar, wie der Granit, hätte mithin theilweise zur Erstarrung kommen können, so dafs die oben am Ausgehenden des Granits begonnene Spalten-Bildung sich unten im Barytspath fortgesetzt hätte. Der hierauf aufgestiegene Barytspath würde daher in den unteren Teufen einen Gang im Barytspath, in den oberen im Granite gebildet haben: ein Verhältnifs, welches, begreiflicher Weise, durch Beobachtung weder widerlegt, noch bestätigt werden könnte. Aber andere Verhältnisse sind es, wovon die Ultraplutonisten Rechenschaft geben müssen.

Entweder ist die Kraft, welche ganze Gebirge hebt, und die feuerflüssigen Massen in den Spalten auftreibt, eine und dieselbe oder es sind verschiedene Kräfte. Im erstern Falle ist sie entweder eine fort- oder mit Unterbrechung wirkende. Eine mit Unterbrechung wirkende Kraft und zwei verschiedene Kräfte lassen sich für unsere Betrachtungen als gleichbedeutend annehmen. Wir haben also nur die beiden Fälle zu erörtern, dafs die Kraft, welche ganze Gebirge hebt, und die feuerflüssigen Massen in den Spalten zum Auftreiben bringt, entweder eine stetige, oder eine mit Unterbrechung wirkende sei.

Im ersteren Falle wird, so wie sich nur in einer erstarrten Masse Spalten bilden, das unter ihr befindliche Flüssige sogleich zum Aufsteigen kommen. Wahrscheinlich haben sich auf diese Weise die Gesteinsgänge, z. B. die Granitgänge im Granit gebildet. Hätte dieser Fall bei der von den Ultraplutonisten supponirten Bildung eines Barytspathganges im Granit stattgefunden: so müfste man in den oberen Teufen des Ganges Granit, in den unteren Barytspath finden, welches aber der Erfahrung widerspricht.

Im zweiten Falle müfste die Kraft, nach der Erhebung der Gebirgsmasse, während ihrer allmähligen Erstarrung und während der Spalten-Bildung geruht haben. Erst nachdem die Spalten bis zu der unten noch flüssigen Barytspath-Masse sich fortgesetzt hätten, hätte die während dieser langen Pe-

riode schlummernde Kraft ihre Wirksamkeit wieder erneuern können. Zwischen der Erstarrung einer feuerflüssigen Masse und der Spalten-Bildung in ihr, einer Seits, und der Wiedererwachung jener hebenden Kraft, anderer Seits, kann durchaus kein Zusammenhang gedacht werden. Die Zeit der Erstarrung ist hauptsächlich von der Gröfse der erstarrenden Masse abhängig: je gröfser die Masse, desto länger die Dauer ihrer Erstarrung; der Zeitraum bis zum Wiedererwachen der Kraft kann aber nicht durch jene Dauer bedingt sein. Es könnte also nur ein zufälliges Zusammentreffen beider Zeiträume gedacht werden. Da sich aber so unzählige Gänge finden, deren Gangmassen ganz verschieden von dem Gebirgsgesteine sind: so hätte ein solches zufälliges Zusammentreffen eine Regel sein müssen, welches doch kein Ultraplutonist annehmen wird. Wäre jemals die hebende Kraft früher zum Wiedererwachen gekommen, als das Gebirgsgestein bis zu der noch flüssigen fremdartigen Unterlage erstarrt gewesen wäre: so hätte der schon erwähnte Fall eintreten müssen, dafs in den Spalten zuerst von der noch nicht erstarrten Gebirgsmasse, und darauf die unter ihr liegende fremdartige Masse eingetreten wäre. Wo hat man aber jemals einen Gang im Granit angetroffen, der in den oberen Teufen mit Granit, in den unteren etwa mit Barytspath erfüllt gewesen wäre? —

Verfolgen wir die krystallinischen Gebirgsarten von den ältesten bis zu den jüngsten, so zeigt sich allerdings eine stufenweise Veränderung. Die an Kieselsäure reichsten sind die ältesten, die, in welchen Kalk, Magnesia und Eisenoxyd vorwalten, die jüngsten. Diefs ist die einzige Sonderung, welche die Natur auf feuerflüssigem Wege bewirkt hat, abgesehen von der schon betrachteten Sonderung der Gemengtheile in jeder Masse für sich.

In der ursprünglich im feuerflüssigen Zustande gedachten äufseren Schale mufs daher von oben nach unten eine Abnahme der Kieselsäure, und dagegen eine Zunahme jener Basen gedacht werden: ein Verhältnifs, welches mit den Unterschieden in den specifischen Gewichten im Zusammenhange steht. Es ist daher wohl zu begreifen, wie z. B. Basalt, eine der jüngsten, mithin am tiefsten gelegenen Massen, in einer

Spalte von Granit aufsteigen, und darin einen Basaltgang bilden konnte, wenn man sich nur die Masse des Granits so mächtig denkt, dafs zwischen seiner Erstarrung und dem Aufsteigen des Basalts ein überaus langer Zeitraum verflofs: aber zu den unbegreiflichen Dingen gehört es, wie eine im Schoofse der Erde gelegene Barytspath-Masse unvermischt mit anderen Massen durch eine solche Spalte hätte aufsteigen können.

Durch das Vorstehende dürfte das, was (Bd. I. S. 603 ff.) über diesen Gegenstand gesagt worden, seine Ergänzung gefunden haben, und sollten dort noch Zweifel in Betreff der Bildung des Barytspaths in Gängen übrig geblieben sein: so schmeicheln wir uns, sie jetzt beseitigt zu haben. Was aber vom Barytspathe gilt, hat Bezug auf alle anderen Gangmassen, deren Bestandtheile oder Gemengtheile und deren Ablagerung ganz verschieden ist von dem, was wir im Gebirgsgesteine, durch welches die Gänge setzen, finden. Darauf kommen wir später zurück.

Noch auf einen Punkt wollen wir die Aufmerksamkeit richten. Das Streben der Sonderung des ursprünglichen Pêle-mêle in den krystallinischen Gebirgsarten auf nassem Wege offenbart sich in allen Operationen der Natur. Die in krystallinischen Gebirgsarten (Diorit unter andern) aufserordentlich zerstreuten und vertheilten Gold- und Platinkörner concentrirt sie durch einen einfachen Schlämmprocefs so weit, dafs sie Gegenstand der Gewinnung werden können. Der Mensch setzt den Schlämm- und Waschprocefs der Natur fort. Hier, wo der specifische Gewichtsunterschied zwischen diesen edlen Metallen und dem Muttergesteine so grofs ist, und die Natur kein Auflösungsmittel besitzt, welches jene fortführen könnte, genügt der mechanische Weg. Das in krystallinischen Gebirgen, besonders in den jüngeren, so sehr verbreitete Eisen- und Manganoxydul führen kohlensaure Gewässer in Spalten, und setzen es darin als Eisenspath, Brauneisenstein u. s. w. ab. Das in Mandelsteinen so sehr zerstreute Kupfererz, dafs es der Chemiker schwerlich entdecken kann, finden wir als Rothkupfererz und selbst als gediegenes Kupfer in den Drusenräumen dieser Gesteine. Die Kieselsäure, welche in mehrfach zusammengesetzten Silicaten in Mandelsteinen und anderen krystallinischen Gesteinen vor-

kommt, finden wir gesondert von diesen Beimischungen in prachtvollen Berg- und Amethystkrystallen in ihren Drusenräumen.

Die Zahl der Metalle, welche wir in Gebirgsgesteinen selbst finden, wächst mit jedem Tage; aufser Gold, Platin mit seinen vier Begleitern (Palladium, Iridium, Rhodium und Osmium) Eisen, Mangan, Kupfer, kommen auch Zinn, Chrom, Cerium, Titan u. s. w. darin vor. Nach Leplay findet sich das Platin am Ural nie in Gängen, sondern stets in der ganzen Masse der krystallinischen Gebirgsarten zerstreut. Kann die Annahme befremden, dafs die übrigen Metalle, welche bisher noch nicht in krystallinischen Gebirgsgesteinen nachgewiesen worden sind, die wir aber sehr häufig in Gängen finden auch von diesen Gesteinen abstammen? — Mein Freund, H. Rose, sagte mir, wie er und seine Schüler nicht selten in, durch kohlensaure Alkalien aufgeschlossenen Fossilien die Gegenwart metallischer Substanzen, freilich in unbestimmbaren Quantitäten mittelst Schwefelwasserstoff erkannt habe, und wie er mit gutem Grunde vermuthe, dafs man dieselben in den meisten Fällen finden würde, wenn die Aufmerksamkeit der Chemiker sich darauf lenkte. Walchner fand (Bd. I. S. 659) in allen Ocherlagern, welche von früher geflossenen und jetzt noch fliefsenden eisenhaltigen Quellen herrühren, in Raseneisensteinerzen, deren Bildung in die gegenwärtige Zeit fällt, Spuren von Kupfer und Arsenik, in den Absätzen der Thermen von *Wiesbaden* sogar Spuren von Antimon. Es ist klar, dafs diese Metalle neben dem Eisen in aufserordentlich geringen Mengen in denjenigen Gesteinen vorhanden waren, durch deren Zersetzung jene Quellen ihre Bestandtheile erhalten und abgesetzt hatten. So wie die aufsteigenden Quellen diese Metalle in den Abflufscanälen absetzen und nach und nach ausgedehnte Lager bilden: so werden umgekehrt Gewässer, welche die Gesteine von oben nach unten auslaugen, wenn sie in Spalten und Drusenräume gelangen und verdunsten, darin ähnliche Absätze bilden.

So sehen wir, wie die Natur in allen ihren Wirkungen im unorganischen Reiche, wie der analytische Chemiker verfährt: sie sondert und zerlegt, so lange sie es kann. Sie sucht sparsam im Gebirgsgesteine zerstreute Minima auf und

führt sie an Orte, wo sie sich anhäufen und für das Menschengeschlecht nutzbar werden.

Verfolgen wir die Untersuchungen im ersten Bande hinsichtlich der Unterscheidung zwischen primären und secundären Fossilien bis zu den elementaren Stoffen: so kommen wir auf merkwürdige Verhältnisse. Damit beginnen wir unsere Betrachtungen im nächsten Abschnitte.

Erster Abschnitt.

Vorkommen elementarer Stoffe im Mineralreiche und in der Atmosphäre.

Werfen wir einen Rückblick auf unsere Betrachtungen im letzten Abschnitte des ersten Bandes, so sehen wir, wie alle Stoffe, welche die Chemiker Metalloide nennen, aufser einem, dem Stickstoffe, in den krystallinischen Gebirgsgesteinen vorkommen. Keiner findet sich aber im freien oder isolirten, sondern alle im verbundenen Zustande. Dasselbe gilt von den Metallen, welche wir als frequente Bestandtheile der krystallinischen Gesteine kennen gelernt haben. Den Sauerstoff finden wir mit diesen Metallen: mit Kalium, Natrium, Lithium, Calcium, Magnesium, Strontium, Aluminium, Eisen, Mangan u. s. w. und mit Wasserstoff, Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor, Kiesel (Silicium) und Bor verbunden. Die Salzbilder: Chlor, Brom, Jod und Fluor, kommen nur mit Metallen, vorzugsweise mit Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Aluminium, der Schwefel mit Eisen und Kupfer verbunden vor. Alkalien, Erden, Eisen- und Mangan-Oxydul und Oxyd, Kieselsäure, Kohlensäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Borsäure, ferner Haloidsalze, wie Chlornatrium, Chlorkalium, Chlorcalcium, Chlormagnesium, Fluorüre, Wasser u. s. w. sind es daher, welche die krystallinischen Gesteine zusammensetzen, wenn wir die Erzgänge in ihnen ausnehmen.

Fassen wir diese binären Verbindungen zusammen, so sind es also blofs Oxyde, Haloidsalze und Wasser, welche die Masse der krystallinischen Gesteine bilden. Die Oxyde, namentlich die Alkalien, die Erden, das Eisen- und Mangan-

oxydul kommen mit Kieselsäure zu Salzen, zum Theil auch mit Kohlensäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure und Borsäure verbunden vor.

In Beziehung auf das Quantitative nehmen die Silicate den ersten Rang ein, die kohlensauren, schwefelsauren, phosphorsauren und borsauren Salze und ebenso die Haloidsalze bilden nur sehr kleine Bruchtheile von jenen, die Bromüre und Jodüre so kleine, dafs wir sie bis jetzt in den krystallinischen Gebirgsgesteinen noch nicht direct haben nachweisen können.

Nicht zu den ursprünglichen Bestandtheilen der krystallinischen Gesteine gehören das Wasser und die Kohlensäure. Beide treten nur dann hinzu, wenn diese Gesteine eine Zersetzung erleiden, und diese Zersetzung besteht darin, dafs sie Wasser und Kohlensäure von aufsen aufnehmen. Wasser und Kohlensäure sind also Verbindungen, welche aufser den krystallinischen Gesteinen und ganz unabhängig von ihnen existiren. Jenes bedeckt den gröfsten Theil der Erdoberfläche und dringt in das Innere so weit, als die Erdkruste zerklüftet ist, diese ist ein Bestandtheil der Atmosphäre und steigt ununterbrochen fort aus unbekannten Tiefen auf, um Zersetzungen der Gesteine zu bewirken und den beständigen Abgang in der Atmosphäre wieder zu ersetzen.

Welche von den Fossilien und Salzen zu den primären oder secundären Gemengtheilen der krystallinischen Gesteine gehören, diefs war der Gegenstand unserer speciellen Untersuchungen im ersten Bande.

Fragen wir, warum keines unter den Metalloiden und unter den oben aufgezählten Metallen im isolirten und unverbundenen Zustande in den krystallinischen Gesteinen vorkommt*): so ist die Antwort: die chemische Verwandtschaft

*) Nur die chemische Kunst ist im Stande, diese elementaren Stoffe darzustellen. Es ist bemerkenswerth, dafs es ihr grofse Anstrengung kostet, mehrere unter ihnen zu isoliren, wie Kiesel (Silicium) Bor, die Metalle der Alkalien und Erden. Eines unter den Metalloiden, das Fluor, hat sie noch nicht im isolirten Zustande darzustellen vermocht. Wo aber die chemische Kunst noch mit Leichtigkeit operirt und reducirt, da ist es der Natur, mit den ihr zustehenden Hülfsmitteln, nicht mehr möglich zu isoliren;

dieser Stoffe zu einander ist zu grofs, als dafs letztere im unverbundenen Zustande neben einander hätten bestehen können.

Abgesehen von Laplace's Hypothese, welche über die Existenz einer feuerflüssigen Erde, als anfänglichen Zustand, hinausgeht und die Entstehung derselben an Erscheinungen im Himmelraume zu knüpfen sucht (S. 7 und 10), können wir, auf unserem Standpuncte, zu keinem andern Schlusse, als zu dem kommen, dafs, wenn in der Schöpfungsperiode die elementaren Stoffe als solche existirt hätten, die Existenz nur eine momentane gewesen sein könnte. Jeder dieser Stoffe würde sich, nach den Gesetzen der chemischen Wahlverwandtschaft, denjenigen oder diejenigen unter den übrigen zu seiner Verbindung gewählt haben, zu welchem oder zu welchen er die gröfste Verwandtschaft gehabt hätte. Aber eben defshalb, weil jene Existenz im elementaren Zustande nur als eine momentane gedacht werden könnte, neigten wir uns zur entgegengesetzten Ansicht hin, dafs nicht das Einfache, sondern das Zusammengesetzte aus der Hand des Schöpfers hervorgegangen sei.

Da das Streben der Körper, sich mit einander chemisch zu verbinden, im Allgemeinen mit Erhöhung der Temperatur zunimmt: so würden, unter der Voraussetzung, dafs der erste Zustand der Erde ein feuerflüssiger war, die elementaren Stoffe durchaus nicht neben einander haben bestehen können. Unter dieser Voraussetzung, und wenn wir nicht frühere Zustände der Erde annehmen, worüber uns die Chemie nicht einmal Winke geben kann, können wir also nicht von der Vorstellung, dafs das Zusammengesetzte das ursprüngliche war, abkommen. So wie die Laven als diejenigen Massen erscheinen, von denen wir mit grofser Wahrscheinlichkeit annehmen, dafs sie uranfängliche sind: so haben wir uns die Masse der ganzen Erde in der Schöpfungsperiode zu denken. Da aus jenen homogenen feuerflüssigen Massen durch langsame Abkühlung Fossilien vor unsern Augen herauskrystallisiren, die mit denjenigen übereinstimmen, welche die krystallinischen Gesteine zusammensetzen: so schliefsen wir, dafs auch diese

wo daher jene nichts vermag, kann von dieser noch weniger etwas erwartet werden.

aus den uranfänglichen homogenen, feuerflüssigen Massen herauskrystallisirt seien.

Es ist nicht zu verkennen, dafs gerade das mechanisch und chemisch Zusammengesetzte der krystallinischen Gesteine, und das Verbundensein der elementaren Stoffe in denselben, für den einstigen feuerflüssigen Zustand zeugen, wenn nicht andere Erscheinungen, namentlich die Zunahme der Temperatur nach dem Innern, entschieden dafür sprächen?

Hätte die Allmacht das Einfache geschaffen und wäre daraus erst im Laufe der Zeiten das Zusammengesetzte hervorgegangen, wäre die Temperatur der Erdkruste in der Schöpfungsperiode nicht höher, als heut zu Tage gewesen: so würde nicht zu begreifen sein, warum sich nicht manche unter den elementaren Stoffen, welche nur in erhöhter Temperatur Verbindungen eingehen, in den krystallinischen Gesteinen erhalten hätten. Kohlenstoff, etwa als Diamant, Bor, Kiesel (Silicium), Schwefel hätten sich in krystallinischen Gesteinen, die nie einer höheren Temperatur, als heut zu Tage ausgesetzt gewesen wären, gewifs conserviren können, da diese Stoffe erst in erhöhter Temperatur Verbindungen eingehen. Ueberdiefs zeigt das Vorkommen des Kohlenstoffs und des Schwefels in sedimentären Formationen, dafs diese Stoffe sich wirklich während langer Perioden, Millionen Jahre lang, im isolirten Zustande erhalten können. In der Glühehitze hingegen konnten diese brennbaren Stoffe neben Oxyden, welche die Hauptbestandtheile krystallinischer Gesteine bilden, unmöglich sich erhalten, ohne zu Kohlensäure und Schwefelsäure zu werden.

Finden wir nun kein einziges unter den Metalloiden und unter den oben genannten Metallen im isolirten Zustande in den krystallinischen Gesteinen *): so müssen wir, wären wir

*) Das Vorkommen der edlen Metalle zeigt deutlich die richtige Ansicht dieser Verhältnisse. Sie, die ihren edlen Character der geringen Verwandtschaft zu den Metalloiden verdanken, deren Verwandtschaft zu letzteren durch erhöhte Temperatur nicht nur nicht erhöht, sondern aufgehoben wird, kommen im metallischen Zustande, wenn auch mit einander verbunden, in den krystallinischen Gesteinen vor. Weil sie aber nur in Verbindungen mit einander gefunden werden, (mehr als fünfzig Analysen von ge-

etwa in Beziehung auf den Kohlenstoff zweifelhaft, nach der Analogie schliefsen, dafs, da Schwefel in diesen Gesteinen nicht anders, als im oxydirten Zustande vorkommt, noch weniger der Kohlenstoff in einem anderen Zustande vorkommen könne.

Dieser Schlufs führt auf ein sonderbares Dilemma. Die Kohlensäure der Carbonate in krystallinischen Gebirgsgesteinen können wir nicht zu den ursprünglichen Bestandtheilen zählen, und ebenso wenig können wir, die Existenz des Kohlenstoffs in ihnen, wie eben bemerkt wurde, annehmen; es fehlt also der Nachweis von dem Ursprunge eines Stoffes im Mineralreiche, der heut zu Tage in den Carbonaten in grofsen Massen auf der Erde verbreitet ist. Es bleibt mithin kein anderer Nachweis, als dafs der Kohlenstoff mit Sauerstoff verbunden in der atmosphärischen Luft enthalten ist, und dafs er aus unbekannten Tiefen in grofser Menge zu Tage kommt.

Ganz ähnliche Verhältnisse zeigt der Stickstoff. Weder im isolirten noch im verbundenen Zustande finden wir ihn in krystallinischen Gesteinen; denn die geringen Spuren stickstoffhaltiger Verbindungen, welche in manchen Fossilien sich zeigen, müssen wir um so mehr für secundäre, d. h. für Verbindungen halten, welche durch Gewässer in die krystallinischen Gesteine geführt worden sind, als sie sich nur in solchen finden, welche deutliche Zeichen der begonnenen Zersetzung an sich tragen. Wir finden ihn aber im freien unverbundenen Zustande in ungeheurer Menge in der Atmosphäre. Während er dieses Vorkommen mit der Kohlensäure theilt, nur mit dem Unterschiede, dafs er in der Atmosphäre 1975 Mal so viel, wie jene beträgt, finden wir ihn in denjenigen Regionen im Innern der Erde, welche die Vorrathskammer für die Kohlensäure-Exhalationen sind, nicht; denn die geringen Quantitäten Stickgas, welche manchmal die Kohlensäure-Exhalationen begleiten, sind atmosphärischen Ursprungs (Bd. I. S. 304).

diegenem Golde vom verschiedensten Vorkommen weisen stets mehr oder weniger Silber und grofsentheils auch kleine Mengen von Kupfer und Eisen nach) so schliefst auch diefs die Vorstellung eines Vorkommens im elementaren Zustande gänzlich aus.

Wie der Kohlenstoff und der Stickstoff, welche wir als primäre Bestandtheile nie in der Masse krystallinischer Gesteine finden, in die sedimentären Formationen gekommen sind, wie jener aus der Kohlensäure sich abgeschieden, dieser Verbindungen eingegangen hat, diefs sind die Gegenstände der Betrachtung in diesem Abschnitte. Ihnen mufs vorausgehen die Betrachtung der atmosphärischen Luft, da diese die einzige Quelle des Stickstoffs und auch in so weit die Quelle des Kohlenstoffs ist, als das aus dem Innern der Erde strömende Kohlensäuregas erst ein Eigenthum der Atmosphäre werden mufs, ehe es zersetzt werden kann. Der Schwefel, der einzige Stoff neben dem Kohlenstoffe unter den Metalloiden, welchen wir im isolirten Zustande theils als ein Product vulkanischer Thätigkeit, theils und vorzugsweise als Gemengtheil secundärer Formationen finden, wird diesen Abschnitt schliefsen. Die wenigen Metalle, welche gediegen vorkommen, bleiben einem späteren Abschnitte vorbehalten.

Kap. I.

Die atmosphärische Luft.

Die atmosphärische Luft ist nicht blofs die Bedingung des Lebens der Pflanzen und der Thiere, und vom wichtigsten Einflusse bei der Zerstörung derselben durch Fäulnifs und Verwesung, sondern ihre Bestandtheile bedingen vorzugsweise die Verwitterung oder Zerstörung der Gesteine. Daher darf in einer chemischen und physikalischen Geologie die Betrachtung dieser Luft und ihrer, tief in die Processe der organischen und unorganischen Natur eingreifenden Bestandtheile nicht fehlen.

Während das Vorkommen elementarer Stoffe, als solcher, in der Erde zu den grofsen Seltenheiten gehört, finden wir in der Atmosphäre die bei weitem in gröfster Menge vorhandenen Stoffe, den Sauerstoff und Stickstoff, im isolirten, wenn freilich gemengten Zustande.

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften der atmosphärischen Luft setzen wir als bekannt aus der Physik und Chemie voraus. Hier betrachten wir blofs die Processe, wodurch das quantitative Verhältnifs ihrer Bestandtheile beständige Veränderungen erleidet und seit den frühesten Zeiten erlitten hat.

Die vier wesentlichen Bestandtheile der atmosphärischen Luft: Sauerstoffgas, Stickgas, Kohlensäuregas und Wassergas (Wasserdunst), sind beständigen Schwankungen durch Processe unterworfen, welche auf der Erdoberfläche von Statten gehen, und wodurch theils von dem einen oder anderen dieser Bestandtheile verbraucht wird, theils neue Quantitäten davon in die Atmosphäre übergeführt werden. Die ungeheure Masse des ganzen Luftmeers macht es begreiflich, dafs be-

trächtliche Quantitäten des einen oder anderen Gases verbraucht oder in die Atmosphäre übergeführt werden können, ehe die quantitativen Veränderungen auf chemischem Wege nachweisbar werden. So hat man auch erst in den letzten Jahren durch sorgfältige und mit grofsen Quantitäten atmosphärischer Luft vorgenommene Analysen die Schwankungen des Sauerstoffgases ermittelt und gefunden, dafs sie zwischen die engen Grenzen 20,75 und 20,95 Proc. fallen. Der Kohlensäure-Gehalt schwankt zwischen 0,0003 und 0,0005 Procent.

Das Wassergas ist, da dessen Menge von der Temperatur und von der Richtung des Windes abhängig ist, den gröfsten Schwankungen ausgesetzt. Verver fand in 50 Versuchen eine Variation zwischen 0,006 und 0,01 Proc. Es ist die Quelle der Hydrometeore und erleidet durch erkältende Ursachen beträchtlichere Verminderungen, als die Gase in der Atmosphäre.

Die Processe, wodurch der atmosphärischen Luft immerfort Sauerstoffgas entzogen wird, sind:

1) die Respiration der Thiere.

2) die Fäulnifs und Verwesung organischer Substanzen,

3) verschiedene künstliche Processe: Verbrennungen, Oxydationen mineralogischer Substanzen z. B. des Schwefels, Gährungen u. s. w.

4) Die Oxydation des Eisenoxyduls und des Manganoxyduls der krystallinischen und sedimentären Gesteine.

Nur einen einzigen Procefs, die Ausscheidung des Sauerstoffs aus der Kohlensäure und wahrscheinlich auch aus dem Wasser durch das Blattgrün der Pflanzen im Sonnenlichte, kennen wir, wodurch der Atmosphäre Sauerstoff zugeführt wird. Was das Thierreich und die Fäulnifs an Sauerstoff verzehren, das führt die Vegetation der Atmosphäre wieder zu. Es ist ein beständiger Kreislauf: eine Mischung des Sauerstoffs mit Kohlenstoff und Wasserstoff und eine Scheidung von diesen Stoffen.

Dieser Kreislauf findet in kurzen und langen Perioden statt. Ein grofser Theil des Kohlenstoffs und Wasserstoffs in den Pflanzen und Früchten, welche alljährlich wachsen und als Nahrungsmittel von Menschen und Thieren verzehrt wer-

den, kehrt als Kohlensäuregas und Wasser sogleich wieder in die Atmosphäre zurück. Der Kohlenstoff in den perennirenden Pflanzen wird erst nach längeren Perioden wieder ein Eigenthum der Atmosphäre, und der in sedimentären Formationen, als Stein- und Braunkohle begrabene ist schon seit undenklichen und unberechenbaren Zeiten dem allgemeinen Kreislaufe entzogen worden. Würden diese Kohlen nicht durch die menschliche Industrie zu Tage gefördert, und durch Verbrennung wieder der Atmosphäre überliefert: so könnten wir uns nicht denken, wie sie je wieder in dieselbe zurückkehren sollten, da der Kohlenstoff zu den unzerstörbaren Körpern auf Erden gehört.

Erwägt man, dafs die atmosphärische Luft stets mehr oder weniger in Bewegung, dafs er selten völlig windstill ist, dafs die Erwärmung der Erdoberfläche durch die Sonnenstrahlen aufsteigende Luftströme bewirkt: so kann sich nirgendwo in freier Luft Kohlensäuregas in einem für das thierische Leben nachtheiligen Grade anhäufen, und selbst zur Winterzeit, wo die Zersetzung der Kohlensäure durch die Pflanzen in den gemäfsigten und kalten Zonen mehr oder weniger stille steht, bringt jeder Südwind in unsere nördliche Erdhälfte Luft aus Erdstrichen, in welchen Kohlensäure zersetzt wird. Ueberdiefs wird schon durch die aufsteigenden Luftmassen in der heifsen Zone und durch das Abfliefsen nach den beiden Polen ein beständiges Zuströmen in den niederen Regionen der Atmosphäre von den Polar- nach den Aequatorial-Gegenden bewirkt, wodurch an Kohlensäure reichere Luft dahin gelangt, wo, wenn wir die Sandwüsten *Africa's* ausnehmen, während des ganzen Jahres die Zersetzung der Kohlensäure vor sich geht. Die Winde erklären daher ganz genügend die so sehr geringen Variationen in dem Sauerstoff- und Kohlensäuregas-Gehalte der Atmosphäre, wenn auch in verschiedenen Jahreszeiten die Zersetzung des letzteren in diesem oder jenem Erdstriche völlig unterbrochen ist.

Aufser den im allgemeinen Kreislaufe begriffenen Processen, wodurch der Atmosphäre Kohlensäure zugeführt wird (Respiration, Verbrennung, verschiedene künstliche Processe) bemerken wir noch:

1) die Kohlensäure-Exhalationen, welche aus unbekannten Tiefen in die Atmosphäre strömen.

2) Desoxydationen mineralischer Substanzen, namentlich des Eisenoxyds und der schwefelsauren Salze durch Kohlenstoff-haltige Substanzen.

Welchen Ursprung jene Exhalationen auch haben, so viel ist gewifs, dafs, wenn auch dieses Kohlensäuregas in einem Kreislaufe begriffen sein sollte, es nur vor der grofsen sedimentären Periode ein Eigenthum der Atmosphäre gewesen sein könnte. Wir werden später sehen, zu welchen Schlüssen wir geführt werden, wenn wir versuchen, diese Kohlensäure-Exhalationen als ein Glied eines grofsen Kreislaufes zu betrachten. Doch ehe wir in dieses hypothetische Reich übergehen, wollen wir erst zu ermitteln suchen, welche Zusammensetzung die Atmosphäre vor der Erscheinung des Pflanzen- und Thierreiches auf Erden gehabt haben müsse, sofern aller Kohlenstoff in diesen Reichen, so wie in den vegetabilischen und animalischen Ueberresten, welche in den sedimentären Formationen begraben liegen, von der atmosphärischen Kohlensäure abstammen sollte.

Liebig hält dafür *), dafs die 2800 Billionen Pfd. Kohlenstoff, welche die heutige atmosphärische Kohlensäure enthält, mehr betragen, als das Gewicht aller Pflanzen, der bekannten Stein- und Braunkohlen-Lager auf dem ganzen Erdkörper zusammen genommen.

Vertheilen wir diese Quantität in Gedanken auf die ganze Erdoberfläche, und nehmen wir für das specifische Gewicht des Kohlenstoffs das der Steinkohle = 1,228: so würde diese Lage Kohlenstoff noch nicht 1 Linie (0''',962) Mächtigkeit haben. Dafs eine solche Lage noch lange nicht ein Aequivalent für allen Kohlenstoff im organischen Reiche, im gegenwärtigen, wie im untergegangenen, sein kann, leuchtet ohne weiteren Beweis von selbst ein. Man erwäge, dafs es nicht blofs der Kohlenstoff in den Pflanzen und Thieren, in den Stein- und Braunkohlen ist **), welcher in Anschlag kommt,

*) Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur u. s. w. S. 22.

**) Rogers (Sillim. Journ. Bd. XLVII. S. 105) berechnet, dafs der jetzige Kohlensäure-Gehalt der Atmosphäre 850000 Millionen Ton-

sondern auch der in den bituminösen Substanzen, womit alle sedimentären Formationen mehr oder weniger durchdrungen sind, und für welchen wir kein Maſs haben.

Daſs wir jene 2800 Billionen Pfd. Kohlenstoff auf die ganze Erdoberfläche vertheilen, wie sie auch in der Atmosphäre über sie verbreitet sind, bedarf wohl keiner Rechtfertigung. Berücksichtigt man die zahllose Menge von Thieren im Meere, welche über einander schwimmen, berücksichtigt man die Fülle der kleinen mikroskopischen Thiere und des animalischen Stoffs, den ihre schnelle Zerstörung liefert, wodurch das ganze Meerwasser für viele gröſsere Seegeschöpfe eine nährende Flüssigkeit wird; so findet man in ihm eine reichere Fülle des organischen Lebens, und mithin des Kohlenstoffs, als irgendwo auf dem Erdenraume zusammengedrängt *). Endlich ist auch nicht zu vergessen, daſs die mit organischen Ueberresten getränkten Sedimente Meeres-Bildungen sind, und Niemand wird läugnen, daſs jetzt noch solche Bildungen auf dem Meeresgrunde von statten gehen.

Solche Betrachtungen geben einen Begriff von den unermeſslichen Quantitäten Kohlenstoff, womit unsere Erde bereichert worden ist. Liebig's Schluſs, daſs der Kohlenstoff in der Atmosphäre mehr, als hinreichend sei, um dem Bedarfe zu genügen, bleibt daher weit, sehr weit, unter der Wahrheit.

Setzen wir für den mittleren Kohlensäure-Gehalt in der Atmosphäre 0,06 Proc., und nehmen das 100fache desselben, mithin 6 Proc. Kohlensäure in der Atmosphäre, dem Gewichte nach: so würde der darin enthaltene Kohlenstoff doch nur eine über die ganze Erdoberfläche verbreitete Kohlenschicht von 5 Zoll 4,5 Linie Höhe geben.

Unter der Voraussetzung, daſs aller Sauerstoff in unserer heutigen Atmosphäre bloſs von zersetzter Kohlensäure herrühre, und daſs niemals atmosphärischer Sauerstoff von den Bestandtheilen der Erde absorbirt wurde, ohne wieder in das

nen Steinkohlen liefern könnte. Wahrscheinlich existiren aber 5 Billionen Tonnen in den Erdschichten; mithin hätte die Atmosphäre dereinst 6 Mal so viel Kohlensäure enthalten, als jetzt.

*) v. Humboldt's Kosmos Bd. I. S. 330.

Luftmeer zurückgekehrt zu sein, findet sich das Maximum des Kohlenstoffs, welcher aus der Atmosphäre abgeschieden werden konnte, aus der dermaligen Menge des in ihr enthaltenen Sauerstoffgases. Diese Menge beträgt, auf 1 Quadratfufs Erdoberfläche berechnet, 504 Pfd., welche mit 189 Pfd. Kohlenstoff zu Kohlensäure verbunden waren. Diese Quantität Kohlenstoff bildet auf der Erdoberfläche eine Schicht von 2,3 Fufs Höhe.

Prüfen wir jene beiden Voraussetzungen. Können wir mit Wahrscheinlichkeit annehmen, dafs durch die Vegetation auch das Wasser zersetzt wird: so wird ein nicht bestimmbarer Antheil des Sauerstoffs unserer heutigen Atmosphäre von zerlegtem Wasser abstammen. In diesem Falle würde sich die eben gefundene Mächtigkeit der Kohlenstoff-Schicht um einen aliquoten Antheil vermindern.

Sollte auf der andern Seite ein Theil des Sauerstoffs der ehemaligen Atmosphäre für diese durch irgend einen Oxydations-Procefs für immer verloren gegangen sein: so würde sich die Höhe der Kohlenstoff-Schicht um einen aliquoten Antheil vermehren. Von Verbrennungs-Processen Kohlenstoff-haltiger Substanzen, von Fäulnifs-Processen u. s. w. kann nicht die Rede sein, weil der dadurch verbrauchte Sauerstoff wieder in die Atmosphäre zurückkehrt. Hätte die frühere Ansicht einiger Geologen, dafs die Erde in der Schöpfungs-Periode von ihrem Mittelpuncte bis zu ihrem Umkreise metallisch gewesen sei, und dafs erst später die Erdkruste sich oxydirt habe, Wahrscheinlichkeit: so würden wir in diesem gewaltigen Oxydations-Processe einen nicht zu schätzenden Verbrauch an atmosphärischem Sauerstoff finden. Abgesehen von diesem höchst zweifelhaften Oxydations-Processe, giebt es aber wirklich einen, der, wenn auch bei weitem geringere, doch immer noch sehr bedeutende Quantitäten Sauerstoff verschlungen hat. Dieser Procefs besteht in der allmähligen Oxydation derjenigen Metalloxydule, welche gröfstentheils als solche in den krystallinischen Gesteinen vorkommen.

Es ist vorzugsweise das Eisenoxydul, worauf wir unsere Aufmerksamkeit zu lenken haben; das Manganoxydul kommt, wegen seines viel wenigen häufigen Vorkommens, weniger in Betracht.

Doch ehe wir von diesem Processe handeln, wollen wir einige Betrachtungen und Calculationen anstellen, ob wohl eine 2,3 Fufs mächtige Kohlenstoff-Schicht als ein Aequivalent für allen Kohlenstoff auf Erden, sowohl in den dermaligen organischen Substanzen, als in den, in sedimentären Formationen begrabenen gedacht werden könne.

Eine solche Schicht, welche 331 Mal so dick, wie die nach Liebig's Annahme wäre, könnte der Gegenstand einer Vergleichung mit allem Kohlenstoffe auf und in der Erde werden. Es fragt sich übrigens, ob die Majorität eines Geschwornengerichts von Geognosten sich dafür oder dagegen aussprechen würde, dafs eine Schicht von 2,3 Fufs ein Aequivalent für allen Kohlenstoff auf und in der Erde sei? Wir würden in unserm Votum nicht einen Augenblick schwanken.

Wenn auch die Hunderte von Fufsen Mächtigkeit, welche manche Steinkohlenlager bilden, wenn die 120 über einander liegenden Flötze im *Saarbrücker* Kohlengebirge (wobei die vielen schwachen, bis gegen einen Fufs dicken ungerechnet sind) nur locale Erscheinungen sind: so ist doch gewifs der als Bitumen u. s. w. in den sedimentären Formationen zerstreute Kohlenstoff eine Gröfse, welche man bei der ersten Schätzung gewifs viel zu gering anschlägt. Berücksichtigt man die hier und da sehr mächtigen Schichten schwarzen, mit Kohlenstoff getränkten Schiefers im Thonschiefer-Gebirge (Dachschiefer), wie in jüngeren Schiefer-Formationen: so ist die Annahme eines durchschnittlichen Gehaltes von 0,1 Proc. gewifs nicht zu hoch *). Setzen wir nun für die

*) d'Aubuisson (Traité de Geognosie T. II. p. 97 fand 0,3 Proc. Kohlenstoff im Thonschiefer. Frick (a. a. O. S. 191) fand in den drei von ihm untersuchten Thonschiefer-Varietäten Kohle. Die Menge derselben konnte er nicht bestimmen, da sie nur in dem von Säuren unzerlegbaren Gemengtheile enthalten war, er brachte sie daher als Verlust in Rechnung. Die silurischen Schichten der *skandinavischen* Halbinsel und der Insel *Bornholm* enthalten in ihren ältesten Theilen mächtige Lager von Alaunschiefer. In einigen Gegenden von *Westergothland* in *Schweden* trifft man sogar kleine Lager von wirklicher Kohle an (Bd. I. S. 927). Der Alaunschiefer von *Bornholm* enthält, nach Forchhammer, 8,65 Proc. Kohle. Bedenkt man, dafs solche Quantitäten Kohlen-

Mächtigkeit sämmtlicher sedimentären Formationen zwei geogr. Meilen: so giebt allein dieser Kohlenstoffgehalt eine Schicht von 46 Fufs Dicke. Bedenkt man endlich, dafs auch alle bis jetzt untersuchten krystallinischen Gebirgsarten zum Theil sehr merkliche Spuren organischer Substanzen enthalten, welche ohne Zweifel von den, alle Gesteine durchdringenden Gewässern abgesetzt worden: so dürfte der angenommene Gehalt von 0,1 Proc. auch für diese Gesteine gelten.

So finden wir denn blofs für den in Gesteinen zerstreuten Kohlenstoff einen approximativen Werth, der 20 Mal so viel beträgt, als aller Kohlenstoff, den die Atmosphäre geliefert haben würde, wenn der dermalige Sauerstoffgehalt derselben das Ueberbleibsel zersetzten Kohlensäuregases wäre, und 6620 Mal so viel, als der dermalige Kohlenstoffgehalt in der Atmosphäre, den Liebig als ein Aequivalent für allen Kohlenstoff auf Erden nimmt. Der Kohlenstoff in den Stein- und Braunkohlen und im organischen Reiche bleibt daher noch aufser Anschlag.

Wir zweifeln nicht, jenes geognostische Geschwornengericht würde, wenn man diese Calculationen und Schätzungen ihm vorlegte, sich gewifs dahin entscheiden, dafs eine Schicht von 2,3 Fufs Kohlenstoff bei weitem nicht ein Aequivalent für allen Kohlenstoff auf und in der Erde sein könne.

Ist aller Eisenkies auf Kosten von schwefelsauren Salzen, Eisenoxyd und organischen Substanzen entstanden (Bd. I. S. 918): so führt die grofse Verbreitung dieses Schwefelmetalls auf bedeutende Quantitäten organischer Ueberreste, welche durch Zersetzung der schwefelsauren Salze verschwunden sind. Wird die Schwefelsäure dieser Salze durch Kohlenstoff reducirt, so sind von letzterem 30 Proc. vom Gewichte des Eisenkieses erforderlich. Da indefs nicht blofs der Kohlenstoff, sondern ohne Zweifel auch der Wasserstoff der organischen Substanzen die Schwefelsäure in den schwefelsauren Salzen reducirt: so fällt die wirkliche Menge des zu dieser Desoxydation verbrauchten Kohlenstoffs unter 30 Proc. vom Gewichte des gebildeten Eisenkieses. Sollte auch nur die

stoff 86 Mal so viel betragen, als wir oben angenommen haben, so wird es klar, dafs 0,1 Proc. weit unter der Wahrheit bleibt.

Hälfte des Schwefels in diesem Schwefelmetall durch Kohlenstoff reducirt worden sein: so waren dazu doch 15 Proc. von letzterem erforderlich. Angenommen, dafs die Menge des Eisenkieses in allen Formationen eine um die ganze Erdoberfläche gezogene Schicht von 3,7 Fufs Mächtigkeit bildete: so würde unter der Voraussetzung, dafs 15 Proc. Kohlenstoff zu seiner Bildung erforderlich waren, gerade so viel davon verbraucht worden sein, als der aus einer Kohlensäure-Atmosphäre, gleich unserer heutigen Sauerstoff-Atmosphäre, durch Zersetzung mittelst der Pflanzen abgeschiedene Kohlenstoff betragen hätte. Es mag eine solche Schicht Eisen- und Magnetkies, als Repräsentant aller dieser Fossilien auf der Erde, viel zu hoch gegriffen sein — Schätzungen lassen sich nicht anstellen; — so viel ist jedoch gewifs, dafs zur Production derselben auf dem angezeigten Wege eine ungleich gröfsere Menge Kohlenstoff erforderlich war, als sich gegenwärtig in der Atmosphäre befindet.

Wollen wir allen Kohlenstoff, der jemals auf Erden war und noch ist, von zersetzter atmosphärischer Kohlensäure ableiten: so führt diefs zur Annahme, dafs atmosphärischer Sauerstoff zu irgend einem Oxydationsprocesse verbraucht worden sein müsse.

Welche Oxydations-Processe könnten es aber sein, wodurch eine Quantität Sauerstoff verbraucht worden wäre, welche 20 Mal so viel und noch mehr betragen hätte, als die jetzige Sauerstoffgas-Atmosphäre? —

Wir haben schon darauf hingedeutet, dafs durch die Oxydation der Metalloxydule, namentlich des Eisenoxyduls in den krystallinischen Gesteinen, Sauerstoff verbraucht wurde.

Das Eisenoxydul scheint in den zusammengesetzten Silicaten dieser Gesteine viel häufiger, als das Eisenoxyd vorzukommen, nur im Magneteisen, in diesem häufigen Gemengtheile krystallinischer Gesteine (Basalt, Dolerit u. s. w.) ist es gegen das Eisenoxyd ein untergeordneter Bestandtheil. Wir sehen, wie alle diese Gesteine, sogar der wenig eisenhaltige Feldspath im Granit, wenn sie dem Zutritte der Luft und den mit atmosphärischem Sauerstoff beladenen Gewässern ausgesetzt sind, in Folge allmähliger Oxydation ihrer Eisenoxydul-Silicate, oder ihres Magneteisens, nach und nach ocher-

gelb oder ocherbraun werden. Wir sehen, wie der blauschwarze Basalt, Melaphyr u. s. w., bei gänzlicher Zersetzung, eine ocherbraune Erde giebt, in welcher, nach dem Augenscheine, kaum noch Eisenoxydul vorhanden ist.

Es giebt Basalte, welche 7,5 (Olivin-haltiger Basalt vom *Meifsner*, nach Gräger), bis 12 Proc. (Basalt von der *Steinsburg* bei *Suhl*, nach Petersen) Eisenoxydul enthalten. Wurden daher ganze Basalt- und ähnliche Gebirge zersetzt, so mufsten sehr bedeutende Quantitäten atmosphärischen Sauerstoffs absorbirt werden.

Solche Basalte nehmen 0,83 bis 1,33 Proc. Sauerstoff auf, wenn sich alles Eisenoxydul in Oxyd umwandelt. Es oxydiren demnach 504 Pfd. Sauerstoff, welche in einer Luftsäule von 1 Quadratfufs Fläche enthalten sind, 37895 Pfund Basalt, der 12 Procent Eisenoxydul enthält. Setzen wir das spec. Gewicht des Basalts = 3, so ist das Gewicht von 1 Cubikfufs Basalt = 198 Pfd. Der atmosphärische Sauerstoff in einer Luftsäule von 1 Quadratfufs Fläche ist also im Stande, eine Säule dieses Gesteins von 1 Quadratfufs Fläche und 191,4 Fufs Höhe zu oxydiren. Sollte mithin nur eine Schicht Basalt von 191,4 Fufs Mächtigkeit, welche die ganze Erdoberfläche bedeckt hätte, durch vollständige Oxydation ihres Eisenoxyduls zersetzt worden sein: so würde diese Oxydation allen in der Atmosphäre befindlichen Sauerstoff verbraucht haben.

Nicht eine Vermuthung, sondern eine unumstöfsliche Thatsache ist es, dafs während der ganzen sedimentären Periode grofse Quantitäten Sauerstoffgas absorbirt worden sind. Das wie viel läfst sich nicht ermitteln: unsere Calculationen zeigen nur, dafs ein Vielfaches von dem, was die Atmosphäre noch enthält, verbraucht worden ist. Diese Sauerstoff-Absorption dauert aber jetzt noch fort und wird so lange fortdauern, als noch Eisenoxydul-Silicate in den Gesteinen vorhanden sind. Die braune Farbe der durch und durch verwitterten Basalte, die fufsdicken Lager brauner Erde, womit die Basaltkegel bedeckt sind, jeder kleiner ochergelber Fleck, den man beim Zerschlagen, sonst noch ziemlich frischer, Basaltsäulen auf ihren Bruchflächen hier und da findet, sind unverwerfliche

Zeugen jener Sauerstoff-Absorption in der gegenwärtigen, wie in der früheren Zeit.

Fragen wir, wo die Quelle dieser unberechenbaren Quantitäten Sauerstoff, welche absorbirt worden sind und noch absorbirt werden, zu suchen sei: so lassen sich drei verschiedene nachweisen:

1) Zur Zeit der Schöpfungsperiode war unsere Erde mit einer Atmosphäre umgeben, die bedeutend reicher an Sauerstoff, als die heutige war, und der dermalige Sauerstoff-Gehalt ist der Rest jener grofsartigen Sauerstoff-Absorption.

2) Der absorbirte Sauerstoff rührt von zersetzter Kohlensäure her; die Atmosphäre war daher in der Schöpfungsperiode bei weitem reicher an diesem Gase, als heut zu Tage, und das was sie jetzt noch davon enthält, ist der Rest von jener zersetzten Kohlensäure.

3) So wie jetzt noch ununterbrochen fort Kohlensäuregas aus dem Innern der Erde in die Atmosphäre überströmt: so strömt dieses Gas seit undenklichen Zeiten.

Gegen die erste hypothetische Quelle werden die Ultraplutonisten am wenigsten etwas zu erinnern haben; denn war in den früheren Perioden unserer Erde eine bei weitem gröfsere Menge Sauerstoffgas in der Atmosphäre vorhanden: so hatte sie auch einen viel gröfseren Druck auf die Erdoberfläche ausgeübt, als heut zu Tage. Durch Druck, gleichsam das Losungwort der ultraplutonischen Schule, soll aber die Kohlensäure in dem geschmolzenen kohlensauren Kalke und das Wasser in den Zeolithen zurückgehalten worden sein. Da unsere heutige Atmosphäre noch den fünften Theil ihres Volumens an Sauerstoffgas enthält: so läfst sich diese Hypothese nicht zu Schulden kommen, in früheren Zeiten etwas anzunehmen, was jetzt gar nicht mehr vorhanden ist; sondern sie nimmt blofs an, dafs die Atmosphäre das, was sie jetzt noch enthält, in früheren Zeiten in viel gröfserer Menge enthalten habe. An Raum im Weltenraume gebricht es nicht, es treten keine physikalischen Schwierigkeiten entgegen, sich eine Atmosphäre in der Schöpfungsperiode zu denken, welche hundert und noch mehr Mal so viel Luft enthielt, als in der Jetztzeit. Diese Hypothese erklärt aber nicht den Ursprung

des Kohlenstoffs auf der Erde, sofern er einzig und allein von zersetzter Kohlensäure abgeleitet werden soll.

Die zweite unter den angenommenen Quellen ist dagegen im Einklange mit dieser Voraussetzung vom Ursprunge des Kohlenstoffs. Da wir aber keinen andern Procefs zur Zersetzung der Kohlensäure in der Natur kennen, als den Vegetationsprocefs: so ist gegen diese hypothetische Quelle zu erinnern, dafs man sich das Beginnen einer Vegetation in einer Atmosphäre, welche Kohlensäuregas in ungleich gröfserer Menge, als Sauerstoffgas enthielt, nicht denken könne. Daher mufs man diese Hypothese entweder gänzlich fallen lassen, oder man ist gezwungen, neben einer viel gröfseren Menge Kohlensäuregas, auch eine viel gröfsere Menge Sauerstoffgas in der Schöpfungsperiode, oder wenigstens in der unmittelbar dem Erscheinen des Pflanzenreichs vorhergegangenen Periode anzunehmen.

Die dritte Hypothese fufst auf einer Thatsache, auf einer Erscheinung, welche wir vor Augen haben. Sie empfiehlt sich durch ihre Einfachheit; denn sie braucht während der ganzen sedimentären Periode, so weit dieselbe mit dem Erscheinen und mit der Existenz des organischen Reichs verknüpft war, keine andere Atmosphäre anzunehmen, als die heutige ist.

Wir haben schon (Bd. I. S. 324) auf Processe gedeutet, wodurch die aus dem Innern der Erde strömende und ohne allen Zweifel seit undenklichen Zeiten in die Atmosphäre geströmte Kohlensäure ihre Verwendung fand und so lange finden wird, als diese Exhalationen dauern werden. Versetzen wir uns in jene Zeit, wo das organische Leben auf Erden erschienen war, und nehmen wir an, es habe eine Atmosphäre, wie unsere heutige, vorgefunden. So wie in der Jetztzeit durch Verwitterung krystallinischer Gesteine, Laven u. s. w., welche keine Spur von Kohlenstoff enthalten, fruchtbare Erde entsteht, sobald nur Vegetation auf ihnen Platz greift: so geschah es auch zu jener Zeit. Jene Kohlensäure-Exhalationen wurden durch die Pflanzen zersetzt, der Kohlenstoff trat ins organische Reich und in die aus demselben durch Fäulnifs gebildeten Ueberreste. Der Kreislauf war eingetreten. Die Vegetation breitete sich immer mehr aus, immer mehr wurde von jener Kohlensäure zersetzt und die Menge

des Kohlenstoffs in den organischen Ueberresten nahm fortwährend zu. Grofse Quantitäten Kohlenstoff wurden in sedimentären Formationen eingeschlossen und so lange jenem Kreislaufe entzogen, bis die menschliche Industrie sie zu Tage förderte und durch Verbrennung, als Kohlensäure, wieder in denselben zurückführte. Die unberechenbaren Quantitäten Kohlenstoff in der heutigen organischen Schöpfung und in ihren, in sedimentären Formationen begrabenen Ueberresten, welche mindestens den Kohlenstoff in unserer jetzigen atmosphärischen Kohlensäure mehrere tausend Mal übersteigen, haben daher den Weg aus dem Innern der Erde durch die Atmosphäre in jene Vorrathskammern nach und nach genommen, ohne dafs jemals eine, der Entwicklung des organischen Reichs nachtheilige Anhäufung im Luftkreise stattgefunden zu haben brauchte.

Während der Kohlenstoff der Kohlensäure-Exhalationen in das organische Reich, in die Dammerde und in die sedimentären Bildungen trat, ging ihr Sauerstoff in die Atmosphäre über, und ersetzte den Abgang des, zu Oxydationsprocessen im Mineralreiche verbrauchten Sauerstoffs. Es ist, da wir in der Atmosphäre ein beständiges Streben nach Gleichgewicht erblicken, höchst wahrscheinlich, dafs die ganze Menge dieses Sauerstoffs in das Mineralreich, aus dem er stammte, wieder zurücktrat. Nur auf diese Weise konnte sich während dieser langen Periode ein constanter Sauerstoffgehalt in der Atmosphäre erhalten.

Diese Hypothese kommt auf keinen Widerspruch, sie zeigt sich mit dem, was unser kurzsichtiger Verstand erfassen kann, in völliger Uebereinstimmung. Sie läfst die Möglichkeit begreifen, wie seit dem Erscheinen des organischen Reichs auf Erden keine wesentliche Veränderung in der Atmosphäre stattgefunden haben kann, und wie also in der ersten Zeit dieser grofsen Periode, wie heut zu Tage, in dem Medium, welches die Erde umgiebt, die Bedingungen zur Entwicklung jedweden organischen Wesens vorhanden sein konnten. Zeigt gleichwohl die Geschichte des Pflanzen- und Thierreichs, zeigen namentlich die in den sedimentären Formationen begrabenen organischen Ueberreste eine fortschreitende Reihe in den Organismen, den Untergang des einen Geschlechts,

ein Werden des andern: so haben wir, wenn wir jener Hypothese folgen, wenigstens nicht nöthig, die Ursache dieser Veränderungen in einer Veränderlichkeit der Atmosphäre, sondern in anderen, vielleicht durch die abnehmende Temperatur der Erdoberfläche bedingten Verhältnissen zu suchen.

Wir sind der Meinung, es sei ein gutes Kriterion für geologische Hypothesen, wenn sie sich so nahe, wie möglich, an die dermaligen Zustände auf unserer Erde anschliefsen. Je mehr sie sich von diesen Zuständen entfernen, je mehr sie zu ganz verschiedenen Zuflucht nehmen, den stetigen Entwicklungsgang, vorgezeichnet durch die Natur in allem ihren Schaffen und Wirken, überspringen und gewaltsame Veränderungen herbeiziehen, desto mehr verlieren sie an ihrer Wahrscheinlichkeit. Man setze uns nicht entgegen, dafs das heutige, wie das frühere Menschengeschlecht, Zeuge gewaltsamer Katastrophen ist und war, dafs noch heut zu Tage grofse Massen Lava aus den Vulkanen strömen, dafs vor bald hundert Jahren das Erdbeben, welches *Lissabon* zerstörte, einen grofsen Theil der alten Welt von *Grönland* und *Island* bis nach *Africa* erschütterte, selbst bis zu den *Antillen* und zum See *Ontario* verspürt wurde. Wird durch die heftigste vulkanische Eruption und durch den gröfsten Lavaergufs eine andere Veränderung in den Verhältnissen der Erde und der Atmosphäre herbeigeführt, als dafs etwa der Boden, auf welchem sich die geschmolzenen Massen verbreiten, die Einwirkung der Hitze bis zu einer Tiefe von vielleicht kaum einen Fufs erleidet? — Hat jenes, in seinen Folgen für das Menschengeschlecht, so schreckliche Erdbeben irgend eine andere Veränderung auf der Erdoberfläche hervorgebracht, als dafs ein Theil von *Lissabon* im Meere versank, ein anderer vom *Taio* überschwemmt wurde, dafs die Küsten von *Schweden, England* und *Spanien* und in *America* die Inseln *Antigua*, *Barbados* und *Martinique* momentan überfluthet wurden, und dafs einige Quellen ausblieben oder ihren Lauf veränderten? — Wenn selbst die gewaltsamsten Erscheinungen, welche wir kennen, in die allgemeinen Verhältnisse des unorganischen, wie des organischen Reiches nicht eingreifen: so liegt wohl wenig Wahrscheinlichkeit vor, dafs irgend ein Ereignifs die Gesetze der Natur plötzlich und gewaltsam verändert ha-

ben werde. Daher geben wir jeder Hypothese, welche geologische Erscheinungen aus bestehenden Verhältnissen bündig erklärt, den Vorzug vor anderen, welche Zuflucht nimmt zu gewaltsamen Ereignissen, die ihren Stützpunct blofs in unserer Phantasie haben.

Die unorganischen Processe, allmählige Ausscheidung der Salzbasen (Kalk, Magnesia, Alkalien u. s. w.) aus krystallinischen Gesteinen, wodurch Kohlensäure absorbirt wurde, haben wir schon (Bd. I. S. 325) bezeichnet. Wir sehen, dieses aus dem Innern in die Atmosphäre strömende Gas fand eine doppelte Verwendung. Was sich davon mit Kalk und anderen Basen verband, kehrte unzersetzt in das Mineralreich zurück; was zur Zersetzung kam, theilte sich zwischen diesem und dem organischen Reiche.

Leiten wir, und so weit sind wir gewifs nicht in Irrthum, alle sedimentären Formationen von zersetzten krystallinischen Gesteinen ab, waren diese von ähnlicher Art, wie diejenigen, welche noch jetzt einen grofsen Theil der Erdkruste zusammensetzen: so werden wir auf grofse Quantitäten Kohlensäure geführt, welche zu dieser Zersetzung erforderlich waren. Werfen wir einen Blick auf unsere mächtigen und ausgedehnten sedimentären Kalkgebirge: so tritt eines dieser Zersetzungs-Producte massenhaft uns entgegen. Wir kommen aber in ein Gebiet, wo sich das Thatsächliche mit dem Hypothetischen mischt.

Ein Procefs, wie er jetzt noch vor unsern Augen von Statten geht, die in geradem Verhältnisse mit der Zersetzung fortschreitende Bildung von Kalkcarbonat in solchen Gesteinen, welche zusammengesetzte Kalksilicate (Labrador) enthalten, mufste während der ganzen sedimentären Periode vor sich gegangen sein. So weit sind wir im thatsächlichen Gebiete. In das hypothetische gehen wir über, wenn wir fragen: sind alle unsere sedimentären Kalkgebirge seit der Erscheinung des organischen Reiches auf Erden durch eine solche Zersetzung krystallinischer Gesteine entstanden, oder gab es schon vor dieser Periode kohlensauren Kalk auf der Erdoberfläche, wovon ein Theil jener Kalkgebirge abstammt?

Im ersten Falle war es einzig und allein die seit dem Beginnen des organischen Reiches aus dem Innern strömende

Kohlensäure, welche das Material zu allen sedimentären Kalkgebirgen, in denen wir organische Ueberreste finden, geliefert hat. Da wir eben so wenig die Menge der jährlich aus dem Innern strömenden Kohlensäure, als die Dauer dieser Exhalationen, seit der Existenz des organischen Reichs, zu bestimmen vermögen: so kann das Massenhafte der in den Kalksteinen auftretenden Kohlensäure uns eben so wenig erschrekken, als das, ohne Zweifel seit Millionen Jahren, an so vielen Stellen aus der Erde strömende Gas einen Beweis abgeben, dafs es zur Production des, während jenes Zeitraums abgesetzten kohlensauren Kalkes hinreichend war.

Die 0,06 Proc. Kohlensäure in unserer jetzigen Atmosphäre würden, wenn sie Kalksilicate zersetzten, die Erdoberfläche mit einer Schicht kohlensauren Kalks von 2,4 Linien Dicke bedecken.

Es fehlen alle Mittel, die mittlere Höhe der sämmtlichen sedimentären Kalkgebirge auf dem Lande und im Meere auch nur approximativ zu schätzen. Nehmen wir, um nur eine Zahl zu setzen, für diese Höhe 1000 Fufs an, so fordert dieselbe 3529 Proc. Kohlensäure, d. h. eine Quantität, welche etwas mehr, als 35 Mal so viel betragen würde, als unsere jetzige Atmosphäre. Nehmen wir selbst das Zehnfache von diesem Werthe, mithin eine mittlere Höhe von 10000 Fufs: so kommen wir auf keine unmögliche, oder selbst nur unwahrscheinliche Zahl. Ist es kohlensaurer Kalk in jenen unbekannten Regionen, von welchem die Kohlensäure-Exhalationen herrühren (Bd. I. S. 321): so wird es ein einfaches Rechenexempel. Eben so viel kohlensaurer Kalk, als sich auf der Erdoberfläche bildet, wird in der Tiefe zersetzt; es mufste aber noch mehr zersetzt werden, weil aus dieser Quelle auch das organische Reich mit Kohlenstoff versehen wurde. Dieses Plus ist jedoch gewifs nur ein kleiner Bruchtheil von dem, was zu jener Bildung verwendet wurde, wenn man die Masse der Kalkgebirge mit der des Kohlenstoffs im organischen Reiche und in den sedimentären Formationen vergleicht.

Nehmen wir die Kohlensäure-Exhalationen als etwas Gegebenes, ohne uns darum zu bekümmern, wie sie entstehen, verfolgen wir den Zustand unserer Atmosphäre nur bis zum Erscheinen des organischen Reiches auf Erden: so können

wir unsere Betrachtungen mit dem Resultate schliefsen, dafs die Annahme, die Atmosphäre habe sich in ihren Bestandtheilen, während dieses langen Zeitraums, gar nicht oder doch nur unwesentlich verändert, mit keiner geologischen Thatsache im Widerspruche steht, dafs vielmehr alle durch die atmosphärische Luft bedingten Erscheinungen ganz genügend aus dieser Annahme erklärt werden können.

Die Geologie kann aber nicht dabei stehen bleiben, unsere Erde mit ihrer Atmosphäre blofs bis zur Erscheinung des organischen Reiches zu verfolgen. Sie hat, wenn gleich das Gebiet immer hypothetischer wird, auch die Verhältnisse zu untersuchen, welche vor dieser grofsen Periode stattgefunden haben mögen.

Geschichtete Formationen, welche keine Versteinerungen führen, setzen eine sedimentäre Periode voraus, welche der Erscheinung des organischen Reiches vorher gegangen ist. Sedimentäre Bildungen, das Product mechanischer Zertheilung und chemischer Zersetzung der Gesteine ist aber nicht ohne Zersetzungsmittel, d. h. nicht ohne Gegenwart von Kohlensäure und Sauerstoff denkbar. In der Periode, wo noch keine Vegetation auf Erden existirte, waren die Verhältnisse wesentlich verschieden von denen in der organischen Periode. Kohlensäure und Sauerstoff wirkten zwar als Zersetzungsmittel auf krystallinische Gesteine; allein jene wurde nicht zersetzt und dieser folglich nicht erneuert. Gab es daher auch damals Kohlensäure-Exhalationen, so konnte zwar der Abgang an Kohlensäure zur Bildung von Carbonaten immer fort erneuert werden; aber das Sauerstoffgas mufste in solcher Menge vorhanden gewesen sein, dafs nicht blofs Eisenoxydul oxydirt werden, sondern dafs auch noch so viel davon (21 Proc.) übrig bleiben konnte, als für die eintretende Vegetations-Periode nöthig war. Diefs führt auf die unzweifelhafte Annahme, dafs in der Schöpfungsperiode eine gröfsere, wahrscheinlich viel gröfsere Menge Sauerstoff, als heut zu Tage in der Atmosphäre vorhanden war.

Ob übrigens die mit dem Namen untere geschichtete oder versteinerungslose Gebirgsarten bezeichneten Formationen sammt und sonders jener Periode angehören, in welcher die Vegetation noch nicht existirt hatte,

ist zu bezweifeln. In dem dunkelbläulich grauen Thonschiefer, in welchem keine Versteinerungen aufgefunden werden, und der bisweilen ganz ins Schwarze übergeht, rührt die Färbung von einem durch die ganze Masse vertheilten Kohlengehalte her. Stammt aller Kohlenstoff von zersetzter Kohlensäure ab, so mufs der Bildung dieses Thonschiefers ein Pflanzenreich vorausgegangen sein, und in sofern würde der Anfang des organischen Reichs noch über die Grauwacken-Formation hinausreichen.

Wir haben es oben unentschieden gelassen, ob die Kalklager, welche seit dem Eintritte des organischen Reiches gebildet wurden, von gleichzeitiger Zersetzung krystallinischer Gesteine herrührten, oder ob, vor dieser Periode gebildeter, kohlensaurer Kalk dazu theilweise das Material geliefert habe. In allen schiefrigen, versteinerungslosen Gebirgsarten finden sich untergeordnete Kalklager von körnigem Kalksteine. Ob aber von allen diesen behauptet werden könne, dafs sie vor dem Eintritte der Vegetation gebildet worden seien, ist sehr zweifelhaft. Von denjenigen, welche verschiedenartig gefärbt sind und in der Glühehitze ihre Farbe verlieren, ist wenigstens mit vieler Wahrscheinlichkeit zu vermuthen, dafs sie von späterer Bildung seien; es sei denn, dafs das färbende organische Princip später durch Gewässer in sie geführt worden sei. Wir kommen auf diese wichtigen Verhältnisse später wieder zurück. Gab es aber überhaupt eine sedimentäre Periode vor dem Erscheinen des Pflanzenreichs — und wer wird diefs bezweifeln? — und enthielten die damaligen krystallinischen Gesteine Kalksilicate: so war auch kohlensaurer Kalk, welcher das Material für die späteren sedimentären Kalkstein-Bildungen geliefert hat, gebildet worden.

Diese Betrachtungen führen abermals auf den Ursprung der Kohlensäure-Exhalationen zurück. Wir beziehen uns auf das, was hierüber bereits (Bd. I. S. 318 ff.) gesagt wurde. Müssen wir die Kohlensäure in irgend einer Verbindung in dem Heerde voraussetzen, aus welchem sie hervorkommt: so liegt es am nächsten, sie mit Kalk verbunden anzunehmen, und dieser kohlensaure Kalk würde ein Urkalkstein, eine primitive Bildung sein, war der Schlufs unserer obigen Bemerkungen. Eine solche primitive Bildung müfste in grofser Tiefe

in der Erdkruste ungemein verbreitet sein, da nach Bd. I. S. 319 Kohlensäure-Exhalationen ein allgemeines, auf der ganzen Erdoberfläche verbreitetes Phänomen zu sein scheinen.

Die Annahme eines solchen primitiven Kalksteins, alles was wir anzunehmen versuchen, um das grofsartige Phänomen der Kohlensäure-Exhalationen zu erklären, gehört in das Reich der Hypothesen. So wagen wir es denn eine neue Hypothese aufzustellen und sie der Kritik zu unterwerfen: eine Hypothese, welche mit keiner Erscheinung und mit keinem Naturgesetze im Widerspruche zu stehen scheint. Alle Kohlensäure, welche wir in den Carbonaten finden, welche aus dem Innern unserer Erde in die Atmosphäre strömt, welche durch ihre Zersetzung dem organischen Reiche und seinen Ueberresten den Kohlenstoff geliefert hat, stammt aus der Atmosphäre. In der Schöpfungsperiode umgab unsere Erde eine Atmosphäre, welche diese ganze Menge Kohlensäuregas und nicht blofs ihr jetziges, sondern alles Sauerstoffgas enthielt, das bis zum Erscheinen des organischen Reichs zu Oxydationsprocessen verwendet worden ist.

Was mufste unter diesen Umständen geschehen? Es geschah, was heute noch geschieht; nur in einem viel intensiveren Grade. Die atmosphärische Kohlensäure, durch die Meteorwasser der Erdoberfläche zugeführt, zersetzte die krystallinischen Gesteine der damaligen Erdoberfläche und bildete aus ihrem Kalke u. s. w. Carbonate.

Hiernach erscheint die allmählige Zersetzung krystallinischer Gesteine auf der Erdoberfläche, unmittelbar nach der Schöpfungsperiode, als eine Nothwendigkeit. Je reicher die Atmosphäre an Kohlensäure, je stärker ihr Druck auf die Erdoberfläche, je wärmer die letztere war, desto rascher ging diese Zersetzung von statten. Erde mufste geschaffen werden, ehe Pflanzen sich entwickeln konnten; unorganische Processe mufsten vorausgehen, ehe ein organisches Reich beginnen konnte. So verminderte sich fortwährend die atmosphärische Kohlensäure, bis sie endlich auf ein Minimum herabsank, welches das Erscheinen und das Entwickeln eines organischen Reiches möglich machte. Damit begann der Kreislauf in der Atmosphäre, der sich bis auf den heutigen Tag

fortsetzte und sich so lange fortsetzen wird, als Organismen auf der Erde existiren werden.

Mit dieser Hypothese dürfte die plutonische Schule sich um so mehr befreunden, als der feuerflüssige Zustand der Erde in der Schöpfungsperiode voraussetzt, dafs damals alles Wasser gleichfalls in der Atmosphäre war. Ob alles Wasser auf der Erde mehr oder weniger beträgt, als alle freie und gebundene Kohlensäure in der jetzigen Atmosphäre, in den Carbonaten und in der durch Pflanzen zersetzten Kohlensäure, ist nicht zu bestimmen. Wie aber auch das Verhältnifs beider sein mag, in dem Raume, welchen die jetzige Atmosphäre erfüllt, war Platz für hunderte, für tausende von Atmosphären: die ursprüngliche Atmosphäre war nur hunderte, tausende Mal so comprimirt, wie jetzt. Da übrigens Kohlensäuregas zu den coërciblen Gasen gehört: so konnte ein Theil desselben eben so als liquide Kohlensäure auf der Erdoberfläche existiren, wenn deren hohe Temperatur den liquiden Zustand zuliefs, wie, nach der plutonischen Hypothese, ein Theil des Wassers auf der glühenden Erde unter hohem Atmosphären-Drucke im liquiden Zustande bestehend gedacht werden kann.

Vergifst man nicht, dafs die Atmosphäre ein integrirender Theil der Erde ist, dafs sie aus einer Schicht gasförmiger Stoffe besteht, denen es nur an hinlänglicher Cohäsionskraft fehlt, um eine feste oder liquide Aggregatform anzunehmen: so kann nichts Auffallendes in der Annahme gesucht werden, dafs in der Schöpfungsperiode eine andere Vertheilung der Stoffe zwischen der Erde und ihrer Atmosphäre statt fand, als heut zu Tage.

Sauerstoffgas und Stickgas sind, so weit unsere Erfahrungen reichen, permanente Gase. Nach Faraday's Versuchen und Schlüssen ist es nicht wahrscheinlich, dafs sie durch einen noch so hohen Druck condensirt werden können. Wir haben daher keinen Grund anzunehmen, dafs diese Gase in der Schöpfungsperiode in einem andern, als im gasförmigen Zustande existirt haben.

Wasser und Kohlensäure zeigen analoge Verhältnisse. Beide, ursprünglich in der Atmosphäre, wurden nach und nach grofsen Theils ein Eigenthum der festen Erde; Reste von bei-

den bewahrt noch jetzt die Atmosphäre. Das Wasser wurde mit Abnahme der Oberflächen-Temperatur, die Kohlensäure durch Kalk und andere Basen condensirt. Nach der Schöpfung des organischen Reiches zersetzten Pflanzen Wasser und Kohlensäure: Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff wurden ein Eigenthum dieses Reichs, der gröfste Theil des letzteren wurde aber zu Oxydationsprocessen in der unorganischen Natur verwandt.

Auch der Stickstoff zeigt analoge Verhältnisse. Man weifs, dafs die Salpetersäure in den salpetersauren Salzen ein secundäres Product ist; der Plutonist mufs ihre Existenz in der Schöpfungsperiode läugnen, weil salpetersaure Salze durch Hitze zersetzt werden. Wäre nur so viel Salpetersäure in der Atmosphäre, als Kohlensäure: so würden wir in krystallinischen Gesteinen, neben kohlensauren Salzen, auch salpetersaure finden. Die Meinungen über den Ursprung der letzteren würden in diesem Falle eben so getheilt sein, als sie es über den der ersteren sind; denn die Ultraplutonisten würden am Ende eben so wenig Anstand nehmen, die salpetersauren Salze in hoher Temperatur unter starkem Drucke bestehen zu lassen, als sie den kohlensauren Kalk unter diesen Umständen bestehend sich denken. Da aber Salpetersäure kein Bestandtheil der Atmosphäre ist, oder doch nur bisweilen nach Gewittern spurweise in ihr erscheint: so ist es vorzugsweise nur die Kohlensäure, welche Salze mit den Basen krystallinischer Gesteine bildet. Die Bedingungen zur Bildung salpetersaurer Salze, nämlich stickstoffhaltige organische Ueberreste, sind nur in sedimentären Gesteinen vorhanden; denn das wenige, was davon durch Gewässer in krystallinische Gesteine geführt wird, kommt nicht in Betracht. Sehen wir uns daher in den krystallinischen Gesteinen vergebens nach primären Stickstoffverbindungen um, aus denen wir die Existenz des Stickstoffs im organischen Reiche ableiten können, finden wir aber diesen Stoff in ungeheurer Menge in der Atmosphäre: so können wir nicht anders schliefsen, als das der atmosphärische Stickstoff das Material für die Stickstoffverbindungen im organischen Reiche geliefert habe.

Sehen wir, wie der Stickstoff in der Schöpfungsperiode einzig und allein ein Eigenthum der Atmosphäre gewesen sein

konnte: so ist es nur ein analoger Schlufs, auf dem unsere Hypothese fufst, dafs auch die Kohlensäure in jener Periode nur ein Eigenthum der Atmosphäre gewesen war.

Ist die Kohlensäure, welche sich in unserer Zeit aus dem Innern der Erde entwickelt, ein Educt des kohlensauren Kalks, der sich in der sedimentären Periode, vor der Schöpfung des organischen Reichs, aus dem Kalke der krystallinischen Gesteine und der atmosphärischen Kohlensäure gebildet hatte: so bleibt die Frage übrig, wie und wodurch entwickelt sich diese Kohlensäure? —

Nicht blofs unsere, sondern jede geologische Hypothese, welche den Zustand der Dinge vor dem Erscheinen eines organischen Reichs zu erklären versucht, führt zur Annahme, dafs der Erschaffung der Gesteine ihre Verwitterung auf dem Fufse folgen mufste. Jede Hypothese wird den Anfang des Wasserlaufes als den Anfang der sedimentären Bildungen bezeichnen. Diejenige, welche den feuerflüssigen Ursprung der Erde vertheidigt, kann, da sie das Wasser in der Schöpfungsperiode ganz oder gröfstentheils in die Atmosphäre verweisen mufs, erst denjenigen Zeitpunct als den Anfang der sedimentären Bildungen betrachten, in welchem die Temperatur der Erdoberfläche sich so weit vermindert hatte, dafs liquides Wasser auf ihr existiren konnte. So tief aber, als das atmosphärische Kohlensäure- und Wassergas in die damalige Erdkruste dringen konnte: so tief mufste schon, ehe noch der Wasserlauf begonnen hatte, die Verwitterung fortgeschritten sein. Das erste Wasser, welches von den höheren Puncten nach den niederen flofs, fand mithin schon verwittertes Material zur Fortführung vor.

Wie sich der Zeitraum der sedimentären Periode, vor der Schöpfung der organischen Natur, zu dem nach derselben und bis auf unsere Zeit verhält, diefs ist nicht zu berechnen. Aber so viel können wir schätzen, dafs jene Periode einen sehr langen Zeitraum umfafst haben mufste: die Mächtigkeit der unteren geschichteten und versteinerungslosen Gebirge legt Zeugnifs hiefür ab.

Ein Sediment aus einem Meere hat die Temperatur des letzteren. War auch die Temperatur der Meere in der sedimentären Periode, vor der Erscheinung des Pflanzenreichs,

viel höher, als heut zu Tage: so war sie doch ohne Zweifel sehr weit unter der Glühehitze. Kamen aber die ersten Sedimente durch fortgesetzte Auflagerung und durch Senkung dahin, wo Glühehitze herrschte: so mufsten sie nach und nach diese Temperaturen annehmen. Könnte diefs bezweifelt werden, so dürfte man nur auf die Temperatur-Zunahme in Sedimenten, die sich in unserer Zeit gebildet haben, auf das Vorkommen aufsteigender warmer Quellen in sedimentären Formationen, auf die Exhalation der, die Siedhitze übersteigenden, Suffioni in *Toscana* aus Klüften fast senkrecht stehender Kalkschichten (Bd. I. S. 679) Bezug nehmen, um jeden Zweifel zu verscheuchen, dafs in secundären, wie in primären Gesteinen, das Gesetz der Temperatur-Zunahme nach dem Innern stattfindet.

Von der Siedhitze, die, nach den eben genannten Erscheinungen, in mächtigen sedimentären Formationen herrschen mufs, bis zur Glühehitze, ist allerdings ein grofser Sprung. Wenn wir uns aber keinen Procefs in solchen Gesteinen denken können, welcher eine permanente Siedhitze in der Tiefe hervorrufen kann: so kann dieser Hitzgrad nichts anders, als ein Wärmeleitungs-Phänomen sein.

Aus dem warmen und beständig warm bleibenden Ende einer eisernen Stange wird ein Blinder, wenn er sie mit Händen fafst, auf eine beständige Wärmequelle, welcher das andere Ende ausgesetzt ist, schliefsen. Die blinden Ultraneptunisten aber, welche aus sedimentären Formationen aufsteigende warme Quellen kommen sehen, scheinen nicht zu begreifen, dafs hier ein Wärmeleitungs - Phänomen gleichfalls vorliegt. Sollten auch nicht eigentliche warme Quellen in ihrer Heimath vorkommen: so haben sie doch Gelegenheit, mit Hülfe der meisten Quellen gläubig zu werden; denn der geringste Wärme-Ueberschufs, den eine Quelle über die mittlere Temperatur der obersten Erdkruste, an dem Orte ihres Hervorkommens zeigt, kann nur aus einer Temperatur-Zunahme nach dem Innern erklärt werden (Bd. I. S. 187).

Die Temperatur des *rheinischen* Uebergangsgebirges auf seiner untern Grenze berechneten wir approximativ auf 206° R. (Bd. I. S. 318). Sollte das Liegende dieses Gebirges aus versteinerungslosen geschichteten Formationen bestehen, und die

untersten Schichten bis zu einer Tiefe von vier Meilen reichen: so würde auf dieser untern Grenze Glühehitze herrschen. Sollte in dieser Tiefe ein Kalklager, aus der sedimentären Periode vor der Schöpfung des organischen Reichs, existiren: so würde diefs unter denselben Umständen, wie der Kalk im Kalkofen sich befinden. Sollten in solcher Tiefe Kalkcarbonat- und Kieselsäure-haltige Gesteine im Gemenge sein: so würden Kohlensäure-Exhalationen gleichfalls eine Folge davon sein (Bd. I. S. 331).

Es wäre also nur der Beweis zu führen, dafs bis zu solcher Tiefe die Sedimente reichen, welche in den ersten Perioden der sedimentären Bildungen entstanden sind, und der Ursprung der Kohlensäure-Exhalationen wäre erklärt. In Beziehung auf meine Bemerkung, dafs die Unterlage des *rheinischen* Uebergangsgebirges nicht bekannt sei (Bd. I. S. 318), hebt von Leonhard hervor *), dafs er im Trachyt des *Siebengebirges*, welcher das Uebergangsgebirge durchbrochen hat, Gneifs-Bruchstücke als Einschlüsse gefunden habe. Ich füge hinzu, dafs ich ähnliche Einschlüsse nicht blofs in diesem Trachyt, sondern auch im Basalte des *Minderberges* bei *Linz* kenne, welche man vielleicht mehr für Granit halten möchte. Im Gneifse und in dem ihm so nahe stehenden Glimmerschiefer finden wir untergeordnete Lager von körnigem Kalke. Diese Verhältnisse sprechen also keineswegs gegen die vorausgesetzte Existenz von Kalklagern aus jener ältesten sedimentären Periode.

Die Thatsache, dafs in die mächtigsten sedimentären Formationen die Centralwärme eingedrungen ist, und dafs, wie nicht zu zweifeln, diese Wärme bis zur Glühehitze reichen kann, wenn die Sedimente nur die gehörige Mächtigkeit besitzen, ist das Hauptfundament für die, in neuester Zeit so herrschend gewordene, Ansicht der Metamorphose geschichteter Gebirgsarten auf feuerflüssigem Wege. Wer Kohlensäure-Exhalationen für Wirkungen hoher Temperaturen hält, kann nichts gegen die Möglichkeit solcher Metamorphosen erin-

*) Seine Recension des erster Bandes ersten Abtheilung dieses Werkes in den Heidelberger Jahrbüchern der Literatur. XL. Jahrg. 3tes Doppelheft. No. 26. S. 409.

nern, und umgekehrt werden die Vertheidiger dieser Metamorphosen gegen jene Erklärung keine Einwendung machen. Man könnte sogar folgerecht jene Exhalationen für das Product solcher Metamorphosen halten; denn bilden sich durch gegenseitige Einwirkung von Carbonaten und Kieselsäure-haltigen Gesteinen in hoher Temperatur Silicate: so mufs sich Kohlensäure entwickeln. Doch diesen Gegenstand hier weiter zu verfolgen, ist nicht am rechten Orte; wir kommen später darauf zurück.

Der Frage müssen wir entgegensehen, was es sei, das uns nöthige, die herrschende Ansicht zu verlassen, dafs die Kohlensäure in den Carbonaten denselben Ursprung habe, wie die Basen, an welche sie gebunden ist? — Sind es Schwierigkeiten, auf welche man in der bisherigen Erklärungsweise gestofsen ist, oder hat irgend eine Beobachtung oder ein Experiment die Präexistenz desjenigen kohlensauren Salzes, um welches es sich hier vorzugsweise handelt, des kohlensauren Kalkes in krystallinischen Gesteinen, unwahrscheinlich oder gar unmöglich gemacht? —

Die Schwierigkeiten, welche in Beziehung auf den kohlensauren Kalk, namentlich bei der plutonischen Ansicht der Dinge, entgegentreten, sind in denjenigen geologischen Werken, welche die Erscheinungen mit nüchterner Unbefangenheit würdigen, nicht übersehen worden.

Die Entstehung der Kalklager in der Grauwacken-Gruppe, heifst es in dem unten angeführten Werke *), ist nicht auf die Weise zu erklären, wie die der Grauwacken- und Schieferschichten, welche sie einschliefsen. Sie kann nicht in der Zerstörung früher vorhandener Kalkmassen gesucht werden; denn diese sind verhältnifsmäfsig selten in den älteren Gesteinen, und die Menge der Kalkmasse in der Grauwacken-Gruppe übertrifft sie bei weitem. Im Allgemeinen nimmt auch die Menge der Kalkschichten bis zur Kreide-Bildung hin zu, und es ist daher nicht möglich, jede dieser Ablagerungen nur aus einer Zerstörung der früher vorhandenen erklären zu wollen.

*) Handbuch der Geognosie von de la Beche, bearbeitet von H. v. Dechen. S. 497 ff.

Man könnte auf den, in geschichteten versteinerungslosen Gebirgsarten vorkommenden körnigen Kalk deuten, und gerade sein verhältnifsmäfsig seltenes Vorkommen als einen Beweis anführen, dafs bei weitem die gröfsten Quantitäten desselben durch die Gewässer fortgeführt und zur Bildung der, nach dem Eintritte des organischen Reichs entstandenen, Kalksedimente verwendet worden seien. Wenn wir mit dieser Ansicht übereinstimmen müssen: so können doch auf der andern Seite die Vertheidiger der plutonischen Bildung des sogenannten Urkalksteins daraus wenig Gewinn ziehen, sofern sie den körnigen Kalk für einen durch Feuer umgewandelten dichten Kalkstein halten; denn dann kommen sie gleichfalls wieder zu sedimentären Bildungen. Es bleibt diesen Geologen also immer wieder nachzuweisen übrig, dafs mächtige Kalksteingebirge und mächtige Gänge körnigen Kalks eben so entstanden seien, wie die Gebirge und die Gangmassen aus krystallinischem Gesteine.

Diesen Nachweis zu führen, selbst wenn wir zugeben wollten, dafs ein grofser Atmosphären-Druck, auf den wir selbst geführt worden, oder der Druck von mächtigen Gebirgen die Entweichung der Kohlensäure aus feuerflüssigem kohlensauren Kalke verhindert habe, scheint uns mit noch gröfseren Schwierigkeiten verknüpft zu sein, als unsere Annahme, dafs a l l e r kohlensaurer Kalk eine secundäre Bildung, ein Product aus dem Kalkgehalte zerstörter krystallinischer Gesteine und aus atmosphärischer Kohlensäure sei. Unsere Ansicht fufst wenigstens auf einer Thatsache, auf der Bildung kohlensauren Kalks auf diesem Wege vor unsern Augen, während jene vergebens eine analoge Erscheinung bei eruptiven vulkanischen Massen, welche einzig und allein zur Ansicht eruptiver Bildungen geführt haben, sucht. So lange nicht nachzuweisen ist, dafs aus Kratern wirklich körniger Kalk aufgestiegen ist, so lange Vulkane keine anderen Beispiele darbieten, als das Aufsteigen zusammengesetzter Massen, aus denen sich nach dem Erstarren krystallinische Gesteine bilden, wie diejenigen sind, welche ganze Gebirge zusammensetzen, so lange mangelt der Ansicht, dafs körniger Kalk oder Barytspath oder Flufsspath u. s. w. eruptive Massen seien, die empirische Basis, und widerspricht den Vorstellungen, die wir uns von der

Beschaffenheit geschmolzener Massen im Innern der Erde machen müssen (S. 13). Endlich wollen wir denen, welche die eruptive Bildung der Gangmassen körnigen Kalks vertheidigen, zu bedenken geben, wie sie sich die von uns wahrgenommene Entwicklung des Kohlenoxydgases, neben Kohlensäuregas, beim Glühen körnigen Kalkes aus dem mächtigen Gange im Gneifse bei *Auerbach* erklären wollen, wenn derselbe eruptiven Ursprungs wäre? — Wir behalten uns vor, von diesen und anderen mit körnigem Kalke angestellten Versuchen, später zu sprechen.

Ehe wir dieses Kapitel schliefsen, wollen wir durch nachstehende Bemerkungen zeigen, wie sich die vollständige Kenntnifs der Processe, wodurch der Atmosphäre Sauerstoff zugeführt oder entzogen wird, an die Kenntnifs des primären oder secundären Ursprungs der Mineralkörper knüpft, welche diesen Processen unterworfen werden.

Wir haben gesehen (S. 35), wie durch die Bildung von Eisenkies Kohlenstoff und Wasserstoff verbraucht werden. Wirken nämlich Kohlenstoff, ein neutrales schwefelsaures Salz (Gyps, schwefelsaures Natron u. s. w.) und Eisenoxyd auf einander: so entsteht 2 Mal so viel Kohlensäure, als die Basis (Kalk, Natron) zur Neutralisation fordert. Die Hälfte derselben wird also frei und geht in die Atmosphäre über. Nimmt aber, neben Kohlenstoff, auch Wasserstoff an der Zersetzung des schwefelsauren Salzes Theil: so kann es geschehen, dafs gar keine Kohlensäure frei wird.

Ist das schwefelsaure Salz, welches den Schwefel dem Eisenkiese liefert, eine ursprüngliche Bildung, etwa ein schwefelsaures Alkali (Bd. I. S. 642): so wird der Atmosphäre, in der Verbindung mit Kohlenstoff, Sauerstoff zugeführt, welcher vorher noch nie in ihr existirt hatte, sondern einzig und allein aus dem Mineralreiche abstammt. Ist dagegen das schwefelsaure Salz ein secundäres, etwa Gyps, dessen Schwefelsäure durch Oxydation von Schwefelwasserstoffgas entstanden ist: so stammt der Sauerstoff der Schwefelsäure in diesem Salze von der Atmosphäre ab. Kehrt er in dieselbe in Verbindung mit Kohlenstoff wieder zurück: so ist es blofs ein Kreislauf *).

*) Giebt es Schwefelmetalle, welche primäre Bildungen sind, ha-

Anders verhält es sich mit dem Sauerstoff der Basen. Der Kalk des Gypses ist eine ursprüngliche Bildung; sein Sauerstoff war nie ein Bestandtheil der Atmosphäre. Gelangt er daher in Verbindung mit Kohlenstoff in die Atmosphäre, so wird diese damit bereichert.

Ebelmen *) hat schon auf die Eisenkies-Bildung als auf einen Procefs aufmerksam gemacht, wodurch grofse Quantitäten Sauerstoff auf mittelbarem Wege der Atmosphäre zugeführt worden sind, und noch zugeführt werden. Er hat jedoch die Sache nicht richtig aufgefafst, indem er annimmt, dafs alle Kohlensäure, welche bei der Zersetzung schwefelsaurer Salze durch Kohle gebildet wird, in die Atmosphäre übergehe. Nach seinen Berechnungen würde defshalb bei weitem mehr Kohlensäure in die Atmosphäre übergeführt worden sein, als wirklich geschehen ist. Die Menge Sauerstoff, welche die Zersetzung dieser Kohlensäure durch die Pflanzen lieferte, bleibt mithin weit unter der Angabe Ebelmen's.

Werden schwefelsaure Metalloxyde (schwefelsaures Eisenoxydul, schwefelsaures Zinkoxyd u. s. w.) durch organische Substanzen zersetzt, und dadurch Schwefelmetalle gebildet: so ist diefs blofs ein Kreislauf. Diese schwefelsauren Salze sind ohne Zweifel durch Oxydation der entsprechenden Schwefelmetalle, auf Kosten atmospharischen Sauerstoffs entstanden. Werden sie daher durch Kohlenstoff desoxydirt: so

ben solche Schwefelmetalle das Material zu Schwefelwasserstoff-Entwicklungen geliefert (Bd. I. S. 654), sind durch Oxydation derselben, etwa bei vulkanischen Wirkungen, Schwefelsäure und schwefelsaure Salze entstanden: so sind durch diese Processe grofse Quantitäten Sauerstoff der Atmosphäre entzogen worden. Die Zersetzung solcher schwefelsauren Salze zur Bildung von Eisenkies führte daher blofs den absorbirten Sauerstoff wieder in die Atmosphäre zurück. Sind hingegen alle Schwefelmetalle secundäre Bildungen, hervorgegangen aus Schwefelwasserstoff, der durch Zersetzung primärer schwefelsaurer Salze mittelst Kohlenstoff entstanden ist: so sind der Atmosphäre grofse Quantitäten Sauerstoff zugeführt worden, die früher kein Eigenthum derselben gewesen waren. Wir kommen auf diesen Gegenstand später wieder zurück.

*) Compt. rendus 1845. T. XX. No. 19.

kehrt der Sauerstoff als Kohlensäure in die Atmosphäre zurück und wird durch Zersetzung mittelst der Pflanzen wieder ein Eigenthum der Atmosphäre.

Diese Processe zeigen, wie der Kohlenstoff gleichsam die Rolle eines Trägers für den Sauerstoff im Mineralreiche spielt. Der Kohlenstoff der organischen Substanzen, welcher heute die Salzbasen der schwefelsauren Salze reducirt, und sich in Kohlensäure umwandelt, existirte früher schon in dieser Verbindung. Dieselbe wurde durch den Vegetationsprocefs zersetzt, und der Kohlenstoff wurde ein Eigenthum des organischen Reichs. Kam dieser Kohlenstoff in Berührung mit schwefelsauren Salzen: so zersetzte er dieselben, und kehrte, um aufs neue als Nahrungsmittel für die Pflanzen zu dienen, als Kohlensäure in die Atmosphäre zurück. So begreifen wir, wie dieselbe Menge Kohlenstoff wiederholt Sauerstoff aus dem Mineralreiche der Atmosphäre zuführen konnte.

Durch die menschliche Industrie wird auf ähnliche Weise Sauerstoff aus dem Mineralreiche der Atmosphäre zugeführt. In den hüttenmännischen Processen werden Metalloxyde, wie Eisenoxyd, durch Kohle reducirt, die Kohlensäure gelangt in die Atmosphäre, und wird von den Pflanzen zersetzt. Doch diefs ist nur ein Kreislauf; denn das producirte Eisen rostet nach und nach, und entzieht der Atmosphäre wiederum den Sauerstoff, welchen es an sie abgetreten hatte.

Wenn die Natur ein unverkennbares Streben nach Gleichgewicht in ihren Processen zeigt: so ist doch nicht anzunehmen, dafs sie gleichsam mit der Wage in der Hand diese Processe leitet. Aufser den oben (S. 28) bemerkten Variationen, mag es wohl geschehen, dafs, lange Perioden anhaltende, Processe eine stetige Abnahme oder Zunahme des einen oder andern Bestandtheils der Atmosphäre herbeiführen. Der Sauerstoff derselben beträgt mehr, als zwei Trillionen Pfd. Eine stetige Verminderung oder Vermehrung dieser Menge kann daher erst nach langen Zeiträumen bemerkbar werden. Historische Zeiträume verschwinden gegen geologische Perioden. Die Analyse der atmosphärischen Luft, selbst in sehr weit von einander abstehenden Zeiten vorgenommen, dürfte solche Veränderungen kaum nachweisen. Ueberdiefs hat diese Analyse erst in den letzteren Jahren diejenige Schärfe erreicht, dafs

von nun an kleine Veränderungen in dem Sauerstoffgehalte nachgewiesen werden können. Die Vergleichung einer vor 44 Jahren von Biot und Arago ausgeführten Gewichts-Bestimmung der atmosphärischen Luft mit einer auf dieselbe Weise vor 4 Jahren unternommenen, ist das einzig dürftige Resultat, welches für diesen 40jahrigen Zeitraum eine nicht merkliche Veränderung des Sauerstoffgehaltes nachgewiesen hat.

Die Anschauung der Gesammtverhältnisse leitet uns hier, wie bei manchen anderen Vorgängen in der Natur besser, als das Experiment. Während einer langen Reihe von Jahren in der früheren historischen Zeit lagen Steinkohlen unangetastet in der Erde. Diejenigen, welche seit der begonnenen Gewinnung zu Tage gefördert und verbrannt worden sind, bilden eine, nach bürgerlichen Verhältnissen bedeutend zu nennende Gröfse. Erscheint auch die Menge der dadurch in die Atmosphäre übergeführten Kohlensäure gegen die in ihr vorhandene und durch die Exhalationen ihr zugeführte, unbedeutend: so ist doch evident, dafs, seitdem die Steinkohlen ausgebeutet werden, entweder die Kohlensäure, oder wenn dieselbe durch die Vegetation zersetzt worden, der Sauerstoff in der Atmosphäre zugenommen haben müsse. Sollte diese durch die menschliche Industrie veranlafste Zunahme eine Steigerung der Processe, wodurch entweder Kohlensäure oder Sauerstoff verbraucht wird, eine stärkere Verwitterung der Gesteine herbeigeführt haben? — Sollte die Natur, um Eingriffe in ihre Rechte auszugleichen, um das Gleichgewicht wieder herzustellen, der Industrie auf irgend eine Weise entgegengewirkt haben? — Es ist wohl zu begreifen, wie zunehmende Verwitterung der Gesteine und steigende Vegetation, als Folge vermehrter Zersetzung der Kohlensäure, Hand in Hand gehen können.

Fassen wir das in diesem Kapitel Verhandelte zusammen: so kommen wir, in Beziehung auf die verschiedenen Zustände der Atmosphäre seit der Schöpfungsperiode, auf folgende Schlüsse.

Die Atmosphäre enthielt, aufser dem Sauerstoffgase, Stickgas und Kohlensäuregas, welche sie in der Jetztzeit noch bewahrt, in der Schöpfungsperiode:

1) allen Sauerstoff, der in der sedimentären Periode, vor

dem Erscheinen des organischen Reichs, zu Oxydationsprocessen im Mineralreiche verwendet worden ist;

2) alle Kohlensäure, welche in der ganzen sedimentären Periode zur Bildung von Carbonaten verwendet und von den Pflanzen zersetzt worden ist;

3) allen Stickstoff, der in das organische Reich übergegangen ist.

4) In der Schöpfungsperiode war das Kohlensäuregas der bei weitem vorherrschende Bestandtheil und seine jetzige Menge in der Atmosphäre ist nur ein sehr kleiner Bruchtheil jenes ursprünglichen Gehaltes.

5) Seit der Schöpfung des organischen Reichs hat die Atmosphäre keine wesentliche Veränderung in ihren Bestandtheilen erlitten.

6) Das Wassergas nahm, sofern die Erde feuerflüssigen Ursprungs ist, in der Atmosphäre, von der Schöpfungsperiode an, mit Abnahme der Oberflächen-Temperatur fortwährend ab.

Kap. II.

Der Kohlenstoff.

Bei weitem der meiste Kohlenstoff auf und in der Erde findet sich in den sedimentären Formationen als eine secundäre Bildung. Im concentrirtesten Zustande kommt er in den Stein- und Braunkohlen vor. Dafs diese Gebilde die Reste einer untergegangenen Pflanzenwelt sind, zeigen die noch wohl erkennbaren Formen von Pflanzen und Pflanzentheilen in denselben.

Die Kohlenstoff-haltigen Massen in sedimentären Formationen und in Fossilien, welche nachweisbar auf nassem Wege entstanden sind, stammen gleichfalls von untergegangenen Pflanzen und Pflanzentheilen ab.

Graphit.

Viel Räthselhaftes hat das Vorkommen des Graphits in krystallinischen Gesteinen. Sind diese Gesteine auf feuerflüssigem Wege gebildet worden: so kann man sich nicht denken, wie der Kohlenstoff, der grofse Verwandtschaft zum Sauerstoffe hat, der als das kräftigste Herstellungsmittel bei unseren metallurgischen Processen angewendet wird, im feuerflüssigen Gemenge mit Oxyden hätte existiren können. Vermag er auch nicht die Erden (Thonerde, Kalkerde u. s. w.) und die Kieselsäure, zu reduciren: so reducirt er doch mit Leichtigkeit das Eisenoxydul, welches ein nie fehlender Bestandtheil krystallinischer Gesteine ist. Wie ist es also denkbar, dafs Graphit, wenn er eine ursprüngliche Bildung wäre, sich neben zusammengesetzten Eisenoxydul-Silicaten, wie Glimmer, Augit, Hornblende u. s. w. hätte erhalten können, ohne das Eisenoxydul zu reduciren? Müfsten wir nicht wenigstens Spuren von re-

ducirtem Eisen in solchen Gesteinen finden? — Wäre auch das während der Erstarrung dieser Gesteine reducirte Eisen später durch eindringende Gewässer wieder oxydirt worden: so müfste doch Eisenoxydhydrat als Rest des früherhin reducirten Eisens, neben den Eisenoxydul - Silicaten gefunden werden.

Graphit kommt aber, unter andern, in schuppenartigen, oft ziemlich beträchtlichen Blättchen, in Nestern, Nieren und Adern im Granit, also neben Glimmer, im Diorit, mithin neben Hornblende, zu *Arendal* in *Norwegen* auf Magneteisen-Lagerstätten im Gneifse vor, ohne dafs weder jene Eisenoxydul - Silicate, noch dieses Eisenoxyduloxyd reducirt worden sind.

Selbst in krystallinischen Gesteinen, von denen man mit mehr oder weniger Wahrscheinlichkeit annimmt, dafs sie durch Hitze metamorphosirte sedimentäre Formationen seien, wie im Gneifse, Glimmerschiefer, körnigem Kalke, bietet das Vorkommen des Graphits viele Schwierigkeiten der Erklärung dar. Enthielten diese Gesteine Kohlenstoff - haltige Ueberreste zerstörter vegetabilischer Substanzen: so mufsten dieselben, während der Metamorphose in hoher Temperatur, die vorhanden gewesenen oxydirten Eisen-Verbindungen gleichfalls reduciren.

Unsere Versuche in den Laboratorien zeigen, dafs Substanzen, welche in der Hitze brennbare Gase (Kohlenwasserstoff- und Kohlenoxydgas) entwickeln, sehr leicht und bei geringer Hitze Eisenoxyd reduciren. Also selbst die Annahme einer durch mäfsige Hitze bewirkten Metamorphose würde die Gegenwart reducirten Eisens voraussetzen.

Genug, seien es primäre, auf feuerflüssigem Wege gebildete, oder durch Hitze metamorphosirte sedimentäre Gesteine, die Coëxistenz von Graphit und Eisenoxydul-Silicaten in glühenden oder gar geschmolzenen Massen in der Natur ist eben so wenig möglich, als die Coëxistenz von Kohle und Eisenoxydul in unseren Hochöfen, ohne Reduction des letzteren. Finden wir gleichwohl in jenen Gesteinen Graphit neben Glimmer, Hornblende und anderen zusammengesetzten Eisenoxydul - Silicaten: so können diese Silicate, als die Gesteine im geschmolzenen oder glühenden Zusande waren, nicht neben einander existirt haben.

So gewifs dieses ist, so stellte ich doch einige Versuche hierüber an. Ich wählte dazu leicht schmelzbare und an Eisenoxydulsilicaten reiche, krystallinische Gesteine.

Basalt vom *Minderberge* wurde fein gepülvert und mit 3,2 Proc. Graphit innig gemengt. Diese Quantität mufste hinreichen, alles Eisen des Basalts, es mag als Eisenoxydul im Augit, oder als Eisenoxyduloxyd im Magneteisenstein vorhanden sein, zu reduciren. Das Gemenge wurde einem mehrstündigen starken Feuer im Porzellantiegel ausgesetzt. Es kam zum vollkommenen Schmelzen. Die geschmolzene Masse war auf der Oberfläche matt, fast wie unveränderter Basalt. Durch die Lupe konnte man deutlich metallglänzende Pünktchen wahrnehmen, welche Glanz und Farbe des Eisens hatten.

Ein Theil davon wurde fein gepülvert, mit Kupferoxyd gemengt, und das Gemeng in einer Porcellan-Retorte geglüht, während ich eine gekrümmte, an den Retorten-Hals befestigte Glasröhre in Kalkwasser tauchte. Es entstand eine sehr schwache Trübung; mithin war noch etwas Graphit vorhanden.

Ein anderer, fein gepülverter Theil wurde mit Wasser übergossen, und letzteres eine Zeitlang gekocht, um alle Luft zwischen den Stäubchen fortzutreiben. Nachdem Schwefelsäure zugesetzt worden, entwickelte sich Gas, das sich an der engen Mündung der Glasröhre durch eine brennende Kerze entzündete. Da die Menge des sich entwickelnden Wasserstoffgases zu einer näheren Prüfung hinreichte: so wiederholte ich diesen Versuch in einem kleinen Gasentwicklungs-Gefäfse mit einer gröfseren Quantität. Das entwickelte Gas war durch seinen Geruch und seine Brennbarkeit sehr leicht als Wasserstoffgas zu erkennen *).

*) Obgleich das angewandte Basaltpulver nicht sehr fein gepülvert worden war, so gelatinirte doch die geschmolzene Masse fast augenblicklich mit erhitzter Schwefelsäure. Diese Masse, auf das Filtrum gebracht, filtrirte sehr langsam, das Filtrat gab mit Ammoniak einen weifsen, in's schmutzig grünliche ziehenden Niederschlag, der sich auf der Oberfläche licht ochergelb färbte; mithin Thonerde- mit Eisenoxydulhydrat war. Auf dem Filtrum blieb Kieselsäure zurück, in welcher hier und da schwarze Stäubchen sich befanden, welche ohne Zweifel rückständiger Graphit

Die Resultate dieser Versuche zeigen mit Bestimmtheit, dafs Graphit in krystallinischen Gesteinen, welche zusammengesetzte Eisenoxydul-Silicate enthielten, nicht vorhanden gewesen sein konnte, sofern die Bildung dieser Gesteine auf feuerflüssigem Wege von statten gegangen war. Ist diese Bildungsart nicht zu bezweifeln, so bleibt keine andere Annahme übrig, als dafs der Graphit später in diese Gesteine eingeführt worden sei, und für diese Einführung bleibt kein anderer, als der nasse Weg übrig.

Die Annahme einer späteren Einführung des Graphits in krystallinische Gesteine, in denen er in bedeutenden Mengen auftritt, hat allerdings Schwierigkeiten. Da man ihn jedoch, wie wir später sehen werden, in Pseudomorphosen nach Eisenkies gefunden hat: so liegt die Möglichkeit vor, dafs er durch Verdrängung dieses, in manchen dieser Gesteine so frequenten Gemengtheils, vielleicht auch anderer, seinen Platz eingenommen habe.

Im Gneifse bei *Passau* erscheint der Graphit als Gemengtheil, indem er die Stelle des Glimmers vertritt. Es wäre möglich, dafs er dieses Fossil verdrängt habe, da Umwandlungen desselben in andere Fossilien (Speckstein, Ophit) bekannt sind. Es bleibt künftigen Forschungen vorbehalten, weitere Beispiele von Verdrängungen dieses oder jenes Fossils durch Graphit nachzuweisen, ehe man im Stande sein wird, manches räthselhafte Vorkommen dieses Fossils zu erklären.

waren. Man sieht, dafs Basalt durch Schmelzen mit Graphit aufgeschlossen werden kann, indem das Eisenoxydul des Augits u. s. w. reducirt wird. Ob auch die feldspathige Grundmasse vollständig aufgeschlossen worden war, habe ich nicht näher untersucht. Die Reduction des Eisens im Basalte durch Kohle beobachtete schon Klaproth (Beiträge Bd. I. S. 6 ff.). Bei mehreren Versuchen mit verschiedenen Basalten, welche im Kohlentiegel der Hitze des Porcellanofens ausgesetzt worden waren, fanden sich an den Seiten und unten ziemlich grofse Eisenkörner, theils eine Eisenhaut.

Wenn diese Wirkung des Graphits weiter verfolgt wird, so bietet eine reine Kohle, vielleicht wie Kienrufs, ein wirksames Mittel dar, krystallinische Gebirgsgesteine, welche reich an Eisenoxydul-Silicaten sind, aufzuschliefsen und zu zerlegen.

Das so häufige Vorkommen des Graphits im körnigen Kalke nimmt unsere Aufmerksamkeit besonders in Anspruch. Mit der Annahme, der körnige Kalk sei entweder eine eruptive Masse, oder ein durch Hitze umgewandelter sedimentärer Kalkstein, ist die Gegenwart des Graphits durchaus nicht in Uebereinstimmung zu bringen. Ebenso wenig, als letzterer in hoher Temperatur neben Eisenoxydulsilicaten bestehen kann, kann seine Coëxistenz mit kohlensaurem Kalke gedacht werden; denn Kohle zersetzt dieses Carbonat in Kalk und Kohlenoxydgas bei nicht sehr hoher Temperatur.

Man kann den Ultraplutonisten zugeben, dafs kohlensaurer Kalk unter starkem Drucke bis zum Schmelzen erhitzt werden könne, ohne seine Kohlensäure zu verlieren; denn diefs stützt sich auf ein Experiment und erklärt sich auch aus der Verwandtschaft der Kohlensäure zum Kalke; ganz anders verhält es sich aber, wenn kohlensaurer Kalk im Gemenge mit Kohle erhitzt wird. Kohlenoxydgas hat keine Verwandtschaft zum Kalke; daher kann jenes nicht in chemischer Verbindung mit diesem zurückgehalten werden.

Man wendet vielleicht ein, dafs die Entwicklung eines Gases einen Raum voraussetzt, den es einnehmen kann; ist dieser nicht vorhanden, ist der Heerd der Entwicklung so eingeschlossen, dafs die Umgebungen nirgends ausweichen können: so kann keine Entwicklung statt haben. Findet man aber nahe am Ausgehenden eines Ganges von körnigem Kalke, wie z. B. bei *Auerbach* an der *Bergstrafse*, Graphit in diesem Gesteine, oder ist wenigstens der kohlensaure Kalk so mit Kohlenstoff durchdrungen, dafs er grau erscheint: so sehen wir uns vergebens nach einem so grofsen Drucke um, der ein Gas, wie Kohlenoxydgas, welches, nach Faraday's Versuchen *), bei der niedrigsten Temperatur, unter einem Drucke von 30 bis 35 Atmosphären, kein Zeichen einer Liquefaction giebt, hätte zurückhalten können.

Wollte man etwa entgegnen, zu der Zeit, als der körnige Kalk im Gemenge mit Kohlenstoff als eruptive Masse aufgestiegen sei, oder als, in anderen Fundorten, sedimentärer Kalkstein mit seinen organischen Ueberresten, welche den

*) L'Institut 1845. No. 583.

Graphit geliefert haben, gebraten wurde, hätten noch mächtige Gebirgsmassen die jetzige Oberfläche bedeckt; es sei mithin der Druck so ungeheuer gewesen, dafs selbst die, durch Hitze bis zu einem aufserordentlichen Grade gesteigerte, Expansivkraft des Kohlenoxydgases durch den Druck solcher Gebirgsmassen Widerstand gefunden hätte: so ist dagegen zu erinnern, dafs es kein Gebirgsgestein giebt, welches so dicht und so völlig unzerklüftet wäre, dafs es nicht die Entweichung eines, mit hoher Expansivkraft entweichenden Gases gestatten sollte.

Wir finden den Gneifs, in dem bei *Auerbach* der körnige Kalk vorkommt, zu beiden Seiten im hohen Grade verwittert. Diefs setzt voraus, dafs Gewässer bis zu der Tiefe dringen, bis zu welcher die Verwitterung reicht. In derselben Tiefe, in welcher das Nebengestein verwittert ist, findet sich jener graue oder indigblaue körnige Kalk. Durch dieselben Kanäle, durch welche Gewässer mit Leichtigkeit eindrangen, konnte aber das Kohlenoxydgas seinen Ausweg finden. Jener Kalkstein giebt, wenn er gebrannt wird, einen weifsen Kalk; erhitzt man ihn in einer Retorte, so erhält man, neben Kohlensäuregas, Kohlenoxydgas und es bleibt gleichfalls weifser Kalk zurück (S. 54).

Zu den Einschlüssen dieses körnigen Kalks gehört auch Magnetkies, von welchem die Entwicklung des Schwefelwasserstoffgases herrührt, wenn derselbe mit Salzsäure behandelt wird. Laugt man diesen kohlensauren Kalk mit heifsem Wasser aus, so findet man im Wasser kaum merkliche Spuren von schwefelsaurem Kalke; laugt man ihn hingegen, nachdem er vorher stark geglüht worden, aus: so zeigt sich eine so merkliche Quantität dieses schwefelsauren Salzes, dafs Chlorbaryum einen reichlichen Niederschlag giebt. Diefs zeigt ganz entschieden, dafs der in Rede stehende körnige Kalk, im Gemenge mit Magnetkies, kein ultraplutonisches Feuer ausgehalten haben könne; denn wenn auch der Druck, bei hermetischem Abschlusse, gasförmige Körper zurückhält: so kann er doch nicht die Verbindung des Schwefels im Magnetkiese mit dem Sauerstoffe der Kalkerde und mit dem Calcium derselben, d. h. die Bildung von schwefelsaurem Kalke und Schwefelcalcium, in der Hitze verhindern.

Alle diese Verhältnisse zeigen die Unmöglichkeit einer Coëxistenz des Graphits und des Magnetkieses mit körnigem Kalke in der Hitze. Es bliebe daher, wenn genügende Gründe vorlägen, der kohlensaure Kalk sei eine Bildung auf feuerflüssigem Wege, nur die Annahme übrig, dafs der Graphit und der Magnetkies später in den körnigen Kalk geführt worden seien. In diesem Falle würde das Vorkommen des Graphits im körnigen Kalke ein Analogon des Vorkommens in krystallinischen Gesteinen sein. Bei Betrachtung des körnigen Kalks werden wir aber Beweise beibringen, dafs derselbe keine plutonische Bildung sein könne. Ist er aber, wie jeder andere kohleusaure Kalk, auf nassem Wege entstanden: so bleibt auch für seinen Begleiter, für den Graphit, keine andere Vorstellung übrig.

Das Vorkommen des Graphits auf Gängen in krystallinischen Gesteinen (Granit, Gneifs, Feldsteinporphyr, Glimmerschiefer, Serpentin) scheint durch die Annahme erklärt werden zu können, dafs Kohlenwasserstoffgas, so wie es heute noch als Zersetzungsproduct organischer Ueberreste sich entwickelt, damals, als die Spaltenwände in jenen Gesteinen noch sehr erhitzt waren, durch diese Gänge strich und durch die Hitze in Graphit und Wasserstoffgas zersetzt wurde. Ich fand wenigstens, dafs, aus sogenannten Bläsern im Steinkohlen-Gebirge strömendes, brennbares Grubengas, durch glühende Porcellan-Röhren geleitet, den Kohlenstoff in dünnen, gerollten, biegsamen, metallisch glänzenden Blättchen, oft von Zoll grofser Länge absetzte, der dem natürlichen Graphit völlig glich *). Dasselbe fand Sefström **), als er Oelerzeugendesgas durch eine glühende Porcellanröhre leitete. Er erhielt einen glänzenden Graphit, der, in offenem Platintiegel verbrannt, keinen Rückstand liefs.

Gegen eine Bildung von Graphit in der Natur auf sol-

*) Kohlenwasserstoffgas habe ich mehrere Male, 8 bis 10 Mal, durch glühende Porcellan-Röhren geleitet, aber eine vollständige Zersetzung desselben nie erreichen können. Die Angabe in den chemischen Handbüchern, dafs dieses Gas auf diese Weise vollständig zersetzt werde, ist also zu berichtigen.

**) Poggend. Annal. Bd. XVI. S. 169.

che Weise ist indefs zu erinnern, dafs selbst der reinste noch Spuren von Asche zeigt. Eine der reinsten Arten, der Graphit von *Wunsiedel* enthielt, nach Fuchs *), noch 0,33 Proc. Asche. Dumas und Stafs **), so wie Erdmann und Marchand ***) erhielten beim Verbrennen des vorher sorgfältigst gereinigten Graphits noch einen Rückstand (Kieselsäure). In den unreinen Arten steigt die Menge des beigemengten Eisens, der Kalk- und Thonerde, bis auf 37 Proc. Dafs das Eisen dem Graphit nur beigemengt sei, haben Karsten †) und Sefström gezeigt. In welchem Zustande es sich übrigens darin befindet, ist noch nicht ermittelt.

Kommt endlich der Graphit in Begleitung mit Fossilien vor, welche nur auf nassem Wege gebildet worden sein können, wie z. B. mit Braunspath und Quarz in dem mächtigen Graphit-Gange im Feldsteinporphyr zu *Borrodale* in *Cumberland*: so spricht diefs für denselben Ursprung, sofern nicht die Verhältnisse von der Art sind, dafs ein späterer Absatz dieser Fossilien in Spalten oder Drusen des Graphits vermuthet werden kann.

Berücksichtigt man diese Beimengungen, berücksichtigt man ferner, dafs der Graphit unter Umständen vorkommt, welche nur die Vorstellung einer Bildung auf nassem Wege zulassen, und dafs, wenn man auch bei den krystallinischen Gesteinen einen erhitzten Zustand zur Zeit ihrer Entstehung voraussetzen darf, eine solche Voraussetzung in Gängen im Thonschiefer, worin er sich gleichfalls findet, völlig unzulässig ist: so bleibt sehr wenig Wahrscheinlichkeit übrig, dafs er sich in jenen Gesteinen aus Kohlenwasserstoffgas gebildet haben könne, wie ich früher anzunehmen geneigt war ††).

Zu Gunsten des plutonischen Ursprungs des Graphits hat man seine Bildung beim Eisenreductions-Processe, wo er sich aus dem geschmolzenen Eisen theils in grofsen, unregelmäfsigen Blättern, welche sich an die Oberfläche erheben, theils

*) Journ. für pract. Chemie. Bd. VII. S. 353.

**) Annal. de chim. et de phys. T. III. Sér. I. p. 5.

***) Journ. für pract. Chem. Bd. XXIII. S. 159.

†) Dessen Archiv. Bd. XII. S. 91.

††) Jahrb. für Mineral. u. s. w. 1839. S. 511.

in feinen Schuppen im Innern der Roheisenmasse, und in Blasenräumen der Eisenschlacken, so wie in Höhlen der Gestellsteine in grofsen Krystallen ausscheidet, angeführt. Man will bemerkt haben, dafs sich der Graphit nur in den oberen Theilen der Schlacken finde, und man hat daraus geschlossen, dafs er sich in diesen, wie auf Gängen, Klüften, Nestern und unregelmäfsigen Lagern, oder als Gemengtheil in krystallinischen, metamorphischen und selbst neptunischen Gesteinen, im dampfförmigen Zustande abgesetzt habe *).

Gegen einen solchen dampfförmigen Zustand ist indefs zu erinnern, dafs der Kohlenstoff in seinen verschiedenen Formen zu den feuerbeständigsten Körpern gehört **). Man hat zwar wiederholt die Ueberführung der Kohle an den Kohlenspitzen einer kräftigen Volta'schen Säule, und ihren Absatz am negativen Pole in Gestalt von Graphit als Gegenbeweis angeführt. Tizeau und Foucault ***) haben diese Graphit-Bildung, unter Einflufs einer sehr hohen Temperatur, als sehr beachtenswerth für das Studium der Mineralien, unter welchen man diese Abart der Kohle so häufig antrifft, bezeichnet und Haidinger †) scheint sogar die unten bemerkte Pseudomorphose von Graphit nach Eisenkies aus einer solchen Bildung erklären zu wollen. Wie kann man aber nur im ent-

*) Cotta ebend. 1834. S. 39. und Bronn Handb. einer Geschichte der Natur. II. S. 625.

**) Man wird nicht den Rufs in unsern Kaminen als einen Beweis einer Verflüchtigung des Kohlenstoffs anführen, da nicht dampfförmiger Kohlenstoff, sondern die, durch die aufsteigenden Gasarten mechanisch verflüchtigten, feinen Kohlentheilchen, und die brenzlichen Oele es sind, welche sich an den Wänden des Schornsteins absetzen, wie schon die schwarze Farbe des Rauches zeigt. Auf solche Weise kann der Kohlenstoff allerdings verflüchtigt werden. Könnte man in der Tiefe unserer Erdkruste Verbrennungs-Processe annehmen, und wären die Spalten im Gebirge die Schornsteine, durch welche der Rauch zöge, so könnte sich in ihnen Rufs absetzen, der zwar nicht Graphit wäre, aber vielleicht durch eine weitere Umbildung in denselben sich verwandeln könnte. Eine solche Annahme entbehrt aber aller Wahrscheinlichkeit.

***) Poggend. Annal. Bd. LXIII. S. 475.

†) Ebendas. Bd. LXVII. S. 437.

ferntesten die Bildung von Graphit in Spalten von Thonschiefer oder gar in einem Meteorsteine aus einer Entladung einer Volta'schen oder Bunsen'schen Säule erklären wollen? — Haidinger zweifelt selbst nicht, dafs jene seltene Pseudomorphose entstand, als der Meteorstein, nach seiner Ankunft auf der Erde, dem Einflusse unserer Atmosphäre ausgesetzt, mithin längst abgekühlt war. Durch welches Wunder hätte sich in diesem erkalteten Meteorsteine eine elektrische Säule bilden und entladen können? — Man sollte doch nicht aus den Wirkungen complicirter Apparate unserer physikalischen Cabinete, deren Vorhandensein in der Natur nachzuweisen, selbst der üppigsten und kühnsten Phantasie schwerlich jemals gelingen wird, geologische Erscheinungen erklären wollen.

Die Ausscheidung des Graphits aus dem Roheisen ist eine Wirkung, wie wir sie bei chemischen Processen, wenn gemengte flüssige Massen erstarren, häufig wahrnehmen. Sie erfolgt aus einem mit Kohle stark übersättigten Roheisen nach dem Erkalten und Erstarren; denn beträgt der Kohlenstoff mehr, als das Roheisen nach seinem Festwerden zurückhalten kann, so mufs sich der Ueberschufs ausscheiden. Aus Eisenschlacken mufs er sich um so mehr ausscheiden, da er mit Oxyden, woraus jene bestehen, nicht chemisch verbunden sein kann. Die Ausscheidung des Graphits in Krystallen möchte vermuthen lassen, dafs der Kohlenstoff in jenen geschmolzenen Massen gleichfalls im flüssigen Zustande vorhanden sei. Beim Roheisen, mit dem er in chemischer Verbindung ist, kann es nicht bezweifelt werden. Es ist aber denkbar, dafs flüssiges Eisen mehr Kohlenstoff, als festes enthält, und dafs sich mithin mit dem Erkalten ein Theil davon ausscheidet. Schwieriger ist der flüssige Zustand des Kohlenstoffs in der Schlacke, in einem Körper zu begreifen, mit dem er sich nicht chemisch verbinden kann. Die Annahme eines dampfartigen Zustandes des Kohlenstoffs in diesen geschmolzenen Massen ist ohne alle Begründung.

Das Vorkommen des Graphits in Schlacken ist bemerkenswerth, weil es die Möglichkeit einer Bildung des Graphits auf feuerflüssigem Wege in Gesteinen zeigt. Ich besitze eine Schlacke aus einem Eisenflammheerde, deren weifsliche, etwas ins Graue sich ziehende Grundmasse übersäet ist mit überaus glänzenden und

dünnen, abfärbenden Graphitblättchen, theils von ansehnlicher Gröſse, theils in kleinen Pünctchen. Auch kleine Drusenräume sind mit solchen Blättchen ausgekleidet. Hier und da sind gröſsere und kleinere unveränderte Kohlenstückchen in der Masse eingeknetet, in denen man, jedoch selten, Graphitpünctchen wahrnimmt. Die Bedingungen zur Umwandlung dieser Kohlen in Graphit scheinen daher hier nicht vorhanden gewesen zu sein, oder nicht lange genug gedauert zu haben. Die weiſsliche Farbe der Schlacke zeigt die Abwesenheit von Eisenoxydulsilicaten; übrigens finden sich in ihr Eisenkörner, welche darthun, daſs das Eisenoxydul durch den groſsen Ueberschuſs an Kohle reducirt worden ist. Eine andere grüne Eisenschlacke enthielt viele Blasenräume, meist mit Graphitblättchen ausgekleidet, in deren Nähe stets Eisenkörner eingeknetet sind. Hier zeigt sich die Reduction des Eisenoxydulsilicats sehr deutlich; jener Graphit ist ohne Zweifel der Rest von dem dazu verbrauchten Kohlenstoff.

Es kann nicht befremden, wenn gerade die Bildung des Graphits bei dem Eisenreductionsprocesse, oder auch bei Bereitung des Leuchtgases, wenn Tropfen von brenzlichem, dickem Oele zurück in das glühende Destillationsgefäſs stets auf dieselbe Stelle fallen und zu grauen, metallisch glänzenden Stalactiten werden, zur Ansicht seines feuerflüssigen Ursprungs geführt hat; denn auf nassem Wege ist er noch nicht dargestellt worden. Da uns jedoch alle Verhältnisse des Graphits zu seiner Bildung auf nassem Wege geführt haben: so kann der Umstand, daſs wir ihn auf diesem Wege nicht darstellen können, kein Grund sein, zweifelhaft zu bleiben. Wir vermögen ebenfalls nicht aus organischen Substanzen Steinkohlen zu erzeugen und doch wird kaum Jemand zweifeln, daſs diese aus jenen hervorgegangen sind. Wenn auch da, wo Kohlenflötze von Porphyren durchbrochen wurden, die Hitze mitwirkte, wenn dadurch sogar Graphit gebildet wurde: so muſs man doch da, wo Porphyre oder andere plutonische Gesteine fehlen, von einer solchen Mitwirkung gänzlich abstrahiren. Alles weiset darauf hin, daſs die Bildung der Steinkohlen aus organischen Ueberresten ein auſserordentlich langsam fortschreitender Proceſs ist, der unter Umständen erfolgte, welche wir nicht nachahmen können. Wenn uns nun weder

diese Umstände, noch die langen, ohne Zweifel Millionen langen, Zeiträume zu Gebote stehen, wenn der Graphit höchst wahrscheinlich ein Product des noch länger fortgeschrittenen Umwandlungsprocesses organischer Ueberreste ist, wie können wir dann hoffen, ein solches Product, welches wir durch Wirkung der Hitze in so kurzer Zeit erhalten, auf dem von der Natur eingeschlagenen Wege zu erzeugen? — Holz kann bekanntlich auf trocknem, wie auf nassem Wege verkohlt werden. Auf jenem geht die Verkohlung sehr schnell, auf diesem äufserst langsam von statten, wie letzteres die unter Wasser stehenden Pfähle zeigen. Im Wesentlichen ist aber das auf beiden Wegen erhaltene Product dasselbe; nur dafs auf langsamem Wege eine sehr cohärente, auf trocknem eine sehr lockere Kohle erhalten wird. In beiden Fällen ist die Verkohlung vollendet, wenn die flüchtigen Bestandtheile der organischen Substanzen, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, fortgeführt sind. Der Graphit ist aber nichts anderes, als eine von diesen flüchtigen Bestandtheilen befreite Kohle.

Graphit ist bis jetzt noch nie in Pseudomorphosen in irgend einem Gesteine unserer Erde gefunden worden. Vor kurzem wiesen ihn aber Partsch und Haidinger *) als Pseudomorphose nach Eisenkies in einer cosmischen Masse, in den Meteormassen von *Arva* **) nach.

Die am Eisenkiese so gewöhnlich vorkommenden Würfel mit schief abgestumpften Kanten bestanden ganz aus Graphit, der sogar hin und wieder die Schüppchen deutlich den Würfelflächen parallel zeigte. Die fein zusammengehäuften Graphitschüppchen im Innern waren höchst weich, schreibend und dem Messer, wie der feinste natürliche Graphit mit glänzen-

*) Poggend. Annal. Bd. LXVII. S. 437.

**) Dieses Meteoreisen ist doch wohl dasselbe, wovon Haidinger früher (*Wiener* Zeitung vom 17. April 1844) berichtete, dafs es bei Schürfung auf Eisenstein auf dem *Szlaniczer* Terrain, im Gebirge *Magura*, an der Oberfläche in so grofser Quantität gefunden wurde, dafs man seine technische Benutzung beabsichtigte? Er erwähnte wenigstens schon damals der kleinen Vivianitkrystalle in Höhlungen der äufsersten, braunen Rinde dieses Meteoreisens.

dem Schnitte nachgebend. Ziemlich gegen die in Graphit verwandelte Oberfläche zu, lagen häufig noch unveränderte Eisenkiestheilchen, so wie auch in Seitenrichtungen die Graphit- und Eisenkiestheile noch scharf an einander abgeschnitten, wie diefs bei pseudomorpher Bildung gewöhnlich der Fall ist.

Haidinger bemerkt, dafs diese seltene Pseudomorphose entstanden sein müsse, als jene Meteormassen nach ihrer Ankunft auf der Erdoberfläche dem Einflusse unserer Atmosphäre ausgesetzt waren. Auf dem Eisen war eine Rinde von Eisenoxydhydrat. Krystalle von Vivianit, theils frisch, theils in eine dunkelbraune Masse verwandelt, ziemlich häufig auf der Rinde der gröfseren Stücke, beweisen, dafs die Verdrängung unter einer Decke von anderen Stoffen (ohne Zweifel von faulenden organischen Substanzen) vor sich ging, wobei der atmosphärische Sauerstoff nur bis zur Bildung von Eisenoxydul oxydiren konnte (Bd. I. S. 942).

Wenn man nicht annehmen will, die Verdrängung des Eisenkieses durch Graphit sei schon im Weltenraume durch einen uns gänzlich unbekannten Procefs erfolgt: so bleibt nur die Annahme übrig, dafs der letztere ein terrestrisches Product sei. Jenes anzunehmen, wird aber wohl Niemand einfallen; denn es wäre nicht einzusehen, wie und wodurch der Eisenkies abhanden gekommen sein könnte. Da die verschiedenen secundären Bildungen, welche die genannten Meteoreisenmassen zeigen, erst in längerer Zeit entstanden sein können: so ist nicht entfernt daran zu denken, dafs diese Umwandlungen während des, beim Niederfallen höchst wahrscheinlich erhitzt gewesenen Zustandes dieser Meteormassen stattgefunden haben. Es bleibt mithin kein anderer, als der nasse Weg übrig, und wie sollten sich auch wasserhaltige Fossilien, wie Eisenoxydhydrat und Vivianit auf anderem Wege bilden können? —

In Beziehung auf die mögliche Bildung des Graphits auf nassem Wege, bietet daher die in Rede stehende Pseudomorphose dieses Fossils, nach Formen von Eisenkies, einen unwiderleglichen Beweis.

Man sieht abermals, welche grofse Wichtigkeit die Pseudomorphosen für die Geologie haben, wie dankenswerth die

desfallsigen Untersuchungen der Mineralogen sind und wie sehr zu wünschen ist, dafs keine Gelegenheit versäumt werde, die Wissenschaft mit solchen Thatsachen zu bereichern.

Haidinger vermuthet, der Eisenkies auf der Oberfläche des metallischen Kerns sei gleichzeitig mit dem Eisen oxydirt worden. Die Gewässer, welche den dadurch gebildeten Eisenvitriol fortführten, scheinen daher die zur Bildung des Graphits erforderlichen organischen Ueberreste herbeigeführt zu haben. Es ist denkbar, dafs die verkohlend wirkende Schwefelsäure des Eisenvitriols hierbei eine Rolle gespielt habe.

Die Bildung des Vivianits ist ein Seitenstück zu der (Bd. I. S. 725) angeführten in fossilen Menschenknochen; nur mit dem Unterschiede, dafs hier die Phosphorsäure in den Knochen gegeben war und das Eisenoxydul zugeführt wurde, während im Meteoreisen das Eisen gegeben war und die Phosphorsäure von faulenden organischen Stoffen zugeführt wurde.

Es würde von Interesse sein, zu wissen, welche Zeitdauer zur Bildung des Graphits und Vivianits in dem Meteoreisen von *Arva* erforderlich war. Nach Haidinger's früherem Berichte fand sich das Meteoreisen (die Identität desselben auf dem *Szlaniczer* Terrain mit dem von *Arva* vorausgesetzt) an der Oberfläche; es ist daher in einer relativ neuen Zeit niedergefallen.

Das Vorkommen des Graphits oder anderer Kohle-haltiger Substanzen in Massen, die, wie sie auch entstanden sein mögen, in keinem Falle eine Bildung unserer Erde sind, hat noch eine andere wichtige Seite. Führen alle Erscheinungen zur Annahme, dafs es ohne Pflanzen keinen Kohlenstoff auf der Erde geben würde: so dürften wir berechtigt sein, aus seinem Vorkommen in Meteormassen, wenn nachgewiesen werden könnte, dafs er eine ursprüngliche Bildung sei, auf die Gegenwart organischer Gebilde in jenen Regionen des Weltenraums zu schliefsen, aus denen diese Massen kommen. Daher wollen wir bei diesem Gegenstande noch etwas verweilen.

Auch in der berühmten Meteormasse, welche Pallas auf dem Kamme eines Schieferberges in *Sibirien* fand, und die von den Einwohnern für ein vom Himmel gefallenes Hei-

ligthum gehalten wurde, obgleich alle historischen Nachrichten darüber fehlen, enthält etwas Kohlenstoff. Berzelius *) erhielt nach der Auflösung dieses Meteoreisens in Salzsäure, wobei sich deutliche Spuren von Schwefelwasserstoffgas zeigten, einen Rückstand, welcher theils aus einem zarten kohleähnlichen Stoffe, theils aus kleinen metallisch glänzenden Körnern und Flitterchen bestand. Durch einen directen Versuch fand er 0,043 Proc. Kohle.

Das Meteoreisen, welches (1829) auf einem Acker, nahe beim Schlosse *Bohumiliz* in *Böhmen*, ausgegraben wurde, war mit einer dicken Rinde von Eisenoxydhydrat bekleidet, und hatte im Innern mehrere rifs- oder sprungähnliche Höhlungen, welche Graphit, Eisenkies u. s. w. enthielten. Beim Auflösen in Salzsäure erhielt Steinmann einen Rückstand, welchen er für Graphit hielt **). Berzelius fand gleichfalls einen kohligen Stoff, der sich bei seiner Lösungsmethode in eine Verbindung mit Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff umgewandelt hatte. Er hält diese Masse für gleichartigen Ursprung mit sogenanntem Meteoreisen, und schliefst aus ihrem Gehalte an Kohle und an Kügelchen von Phosphoreisen, dafs sie in Berührung mit Kohle einer höhern Temperatur ausgesetzt gewesen war. Ob aber diefs ursprünglich geschehen sei, oder ob sie in früherer Zeit einem misglückten Versuche zur Schmelzung und Bearbeitung unterworfen wurde, läfst er unentschieden.

Letzteres möchten wir indefs bezweifeln, da sonst die Masse beim Aetzen mit Salpetersäure wohl schwerlich die sogenannten Widmanstätten'schen Figuren gegeben haben würde ***).

Meteoreisen aus der Grafschaft *Cocke* in *Tenessee* soll, nach Shepard †), Spuren von schwefelsaurem Eisen, von Schwefel und Wasser enthalten, und von kohligen Parthieen begleitet sein, die aus 93 Proc. Kohle und 6 Proc. Eisen bestehen.

*) Poggend. Annal. Bd. XXXIII. S. 124 ff.

**) Verhandl. der Gesellsch. des vaterländ Museums in *Böhmen* in der 8ten allgem. Versammlung am 3. April 1830. S. 15 u. 29.

***) Poggend. Annal. Bd. XXVII. S. 126.

†) Sillim. Journ. 1824. October.

Man sieht, dafs Kohle-haltige Substanzen auch in anderem Meteoreisen gefunden wurden, und bedenkt man, dafs bei der Auflösung desselben in Säuren kleine Quantitäten Kohlenstoff mit dem Wasserstoffgase fortgehen: so mögen solche Spuren nicht selten der Analyse entgangen sein. Auf der andern Seite fand man vor einigen Jahren in den Goldlagern von *Petropawlowsk* am *Altai* in 31,5 Fufs Tiefe, in der untersten Schicht derselben, eine gediegene Eisenmasse, mit einer dünnen Rinde von Brauneisenstein überzogen, welche Nickel enthielt und daher Meteoreisen war, aber keine Spur von Kohlenstoff einschlofs *).

Nach den von Partsch und Haidinger am Meteoreisen von *Arva* gemachten Beobachtungen möchte man geneigt sein, den Kohlenstoff in diesen cosmischen Massen stets für eine secundäre und tellurische Bildung zu halten. Was das bei *Bohumiliz* gefundene Meteoreisen betrifft, in dessen rifs- oder sprungähnlichen Höhlungen Graphit und Eisenkies vorkommt: so dürften vielleicht dieselben Verhältnisse, wie bei jenem stattgefunden haben. Die Vermuthung liegt wenigstens nahe, dafs diese, gleichsam gangförmig vorkommenden Fossilien in dem vielleicht sehr lange begraben gewesenen Meteoreisen durch Filtration eingedrungen seien.

Die beiden Meteorsteine, welche am 15. März 1806, 5½ Uhr Abends, in der Nachbarschaft von *Alais* in *Frankreich* niederfielen, und deren Fall von Personen, welche diese Steine auflasen, bezeugt wurde, scheinen ein Beispiel eines cosmischen Kohlenstoffs darzubieten; denn Thenard fand darin, aufser den gewöhnlichen Bestandtheilen der Meteorsteine, eine Portion Kohle, welche Angabe auch Vauquelin bestätigte **). Berzelius ***), der 28 Jahre später diese Untersuchung wiederholte, hält diese Meteorsteine für nichts anderes, als für Erdklumpen, welche zeigen, dafs die Bergarten in ihrer

*) Erman's Archiv für wissenschaftl. Kunde von Rufsland. Bd. I. S. 314., aus Sokolowskji's Aufsatz in Gorny Jurn. 1841. Juli.

**) Gilberts Annal. Bd. XXIV. S. 189 ff.

***) Poggend. Annal. Bd. XXXIII. S. 113 ff.

Heimath durch einen geologischen Procefs in Erde verwandelt wurden, wie es auf unserm Planeten der Fall ist. Der Kohlengehalt darin scheint ursprünglich nicht blofs Kohle gewesen zu sein; denn das Steinpulver besitzt eine ins Grüne fallende bräunliche Farbe, welche bei der trocknen Destillation kohlschwarz wird. Die Kohle befindet sich also in einer Verbindung, welche in der Hitze zersetzt wird, unter Zurücklassung von Kohle und Entwicklung von Kohlensäuregas, entweder allein oder in Begleitung von Wasser. Im ersten Falle befindet sich die Kohle blofs mit Sauerstoff verbunden, als ein der Honigsteinsäure ähnlicher Körper, im letzten Falle aber in Verbindung mit Sauerstoff und Wasserstoff. Indefs ist ein solcher Körper, der in der Hitze nur in Kohle, Kohlensäure und Wasser zerfällt, noch nicht bekannt. Mehr Analogie mit tellurischen organischen Verbindungen hat ein Stoff, den das Wasser zugleich mit Bittersalz auszieht. Die Anwesenheit eines kohlenhaltigen Stoffs in der Meteorerde hat Analogie mit dem Humusgehalte der tellurischen Erde; aber er ist vermuthlich auf eine andere Weise hinzugekommen, hat andere Eigenschaften, und scheint nicht zu der Vermuthung zu berechtigen, dafs er eine analoge Bestimmung habe, wie die kohlenhaltigen Stoffe in der tellurischen Erde. So weit Berzelius.

Aus den Berichten von Augenzeugen und des Friedensrichters des Cantons von *Vezerabres* an den Minister des Innern ergiebt sich folgendes. Zwei Bauern, welche sich ausserhalb des Dorfes *Saint Etienne de Lolm* befanden, hörten zwei Detonationen, denen kein Blitz vorherging und hielten sie für zwei Kanonenschüsse. Das darauf folgende Rollen, welches ihnen am Himmel eine krumme Linie zu durchlaufen schien, zog ihre Blicke nach den Wolken. Dem Rollen folgte eine besondere Art von Zischen, und sie erblickten einen schwarzen Körper, der aus den Wolken herauskam, sich von Norden her schief zu ihnen herabbewegte, über ihren Köpfen fortging, in ein Kornfeld unterhalb des Dorfes fiel und ein ziemlich starkes Getöse machte, indem er zersprang. Sie gingen sogleich hin, um ihn aufzusuchen. Er hatte die Erde etwa 4 Zoll tief ausgehöhlt. Ein Felsen, der in dieser Tiefe lag, hatte ihn in mehrere Stücke zerbrochen, deren mehrere,

noch heifs, in 8 Schritt Abstand aufgelesen wurden. In der Aushöhlung, welche ungefähr 1 Fufs im Durchmesser hatte, fanden sich schwarze Spuren. Die meisten Bruchstücke wogen 3 bis $4\frac{1}{2}$ Loth, ein einziger hatte ein Gewicht von $\frac{5}{4}$ Pfund. Das Gewicht des ganzen Steins schätzten sie auf ungefähr 8 Pfund. Das Innere, wie die Oberfläche, welche die Wirkung des Feuers erduldet zu haben schien, war schwarz.

An demselben Tage und zu derselben Stunde hörten vier Landleute, bei *Valence*, Detonationen und ein darauf folgendes Rollen. Das Rollen war kaum zu Ende, als ihre Augen nach dem Himmel durch einen Schall gezogen wurden, der dem ganz ähnlich war, welchen eine eiserne Rolle an einem Ziehbrunnen macht, wenn man den Eimer mit dem Stricke schnell herabläfst. Sie erblickten einen schwarzen Körper, der in schiefer Linie ebenfalls von Norden herab kam und mitten zwischen sie fiel, ungefähr 15 Schritte von dem einen von ihnen. Sie liefen hin und fanden den Körper, halb in der Erde steckend, noch heifs und nur in 3 Stücke zerrissen. Dieser Meteorstein hatte ungefähr die Gestalt eines Würfels, war so grofs, wie der Kopf eines kleinen Kindes und wog ungefähr 4 Pfund. Die Stückchen dieses letzteren Steins blieben am Magnete hängen. Im Wasser zergingen sie, wie Thon. Diese Augenzeugen beschliefsen ihren Bericht mit der Bemerkung, dafs kein leuchtendes Meteor das Herabfallen dieser Steine begleitet habe, und dafs schon dieses, vereint mit ihrer Farbe und Härte, ihre Verschiedenheit von allen, anderwärts herabgefallenen Steinen zeige.

Wir neigen uns zur Ansicht hin, dafs die kohlehaltige Substanz, welche in diesen Meteorsteinen gefunden wurde, vom Ackerboden herrührte, in welchen dieselben gefallen waren.

Dafs ein ungefähr 8 Pfund schwerer Körper, der 4 Zoll tief in die Erde einschlug, in Stücke zersprang, wovon die meisten 3 bis $4\frac{1}{2}$ Loth Gewicht hatten, die noch heifs gefunden wurden, im Momente des Herabfallens noch viel heifser gewesen sein mufste, ist von selbst klar. War der Boden feucht, (und in dem Berichte wird bemerkt, dafs am Morgen des Tages, an dem sich der Meteorstein-Fall zutrug, einige Tropfen Regen gefallen waren) so mufste eine plötzliche bedeutende Abkühlung, besonders weil durch das Zerspringen die

Abkühlungsflächen sich sehr vermehrt hatten, eintreten. Ueberdiefs waren, bei dem Meteorsteine von *Saint-Etienne de Lolm*, gewifs mehrere Minuten verflossen, ehe die Augenzeugen ihn aufgefunden hatten; während dieser Zeit hatten sich aber die so sehr zerkleinerten Stücke abgekühlt. Endlich zeigen die schwarzen Spuren in der Aushöhlung des Bodens unverkennbar, dafs der Meteorstein im Momente des Einschlagens eine, der Glühehitze nahe kommende Temperatur gehabt haben mufste, weil sonst keine Verkohlung der organischen Ueberreste in der Ackererde hätte eintreten können. Dafs ein so sehr erhitzter Stein, bei seinem Eindringen in die Ackererde, gleichsam eine trockene Destillation des Humus veranlafste, und dafs die Producte derselben von dem porösen Steine gleichzeitig mit der Feuchtigkeit des Bodens aufgesogen wurden, scheint uns so natürlich, dafs wir nicht begreifen, wie Thenard sich mit der Annahme begnügen konnte, dafs dieser Meteorstein bei seinem Durchfluge durch die Atmosphäre keinen sehr hohen Hitzgrad ausgehalten haben könnte, weil die Kohle beim Calciniren sogleich verbrannte. Allerdings sprechen die Augenzeugen der beiden Meteorstein-Fälle von einem schwarzen Körper, der aus den Wolken kam; da aber die Sonne am Himmel stand, und nur zu *Saint-Etienne*, nicht aber zu *Valence* mit Wolken bedekt war: so mufste ihnen der Meteorstein schwarz erscheinen, selbst wenn er der dunklen Rothglühehitze sehr nahe war. Wollte man noch gelten lassen, dafs die kohlige Substanz einen solchen Hitzgrad ohne Zersetzung hätte aushalten können: so wird man doch nicht die 9,5 Proc. Wasser, welche Vauquelin in dem Steine fand, als präexistirend annehmen wollen in einem Körper, der, wenn er auch nur lauwarm gewesen wäre, während seiner schnellen Bewegung durch die trockne Luft, in den höhern Regionen, Gelegenheit genug gehabt hätte, sie zu verlieren. Hatte aber der Stein das Wasser aus der feuchten Ackererde eingesogen: so wurden damit auch organische Substanzen aufgenommen. Dafür spricht auch, dafs Berzelius durch Wasser einen organischen Stoff ausgezogen hatte *).

*) Berücksichtigen wir die Fäulnifsprocesse auf unserer Erde, die an manchen Stellen, wie in Sümpfen, an den Meeresküsten der

Die Stücke, welche von Thenard, Vauquelin und Berzelius untersucht wurden, scheinen von dem Meteorsteine von *Saint-Etienne de Lolm* hergerührt zu haben. Eines von diesen hat wenigstens der Friedensrichter von *Vezerobres* nach *Paris* gesandt. Da diese Stücke nicht viel über einen Zoll dick gewesen sein können: so waren sie, nach Verhältnifs ihrer Masse, mit viel Ackererde in Berührung gekommen, und konnten daher wohl ungefähr 22,5 Gran kohlehaltiger Materie (2,5 Proc. nach Vauquelin) aufgenommen haben.

Wenn selbst der heifse Zustand der niedergefallenen Meteorsteine nicht beobachtet worden wäre *), so würden

heifsen Zone, wo das mit vielen organischen Stoffen beladene Wasser der Ströme mit dem Meerwasser sich mischt u. s. w, in sehr grofsartigem Maafsstabe von Statten gehen, und wodurch Effluvien, welche grofse Landstriche verpesten, in die Atmosphäre übergeführt werden: so kann man an der Existenz organischer Ueberreste in derselben nicht zweifeln. Diese Effluvien sind in der Atmosphäre theils im gasförmigen (Sumpfgas, Grubengas), theils im dampfförmigen Zustande vorhanden. Ihre Gegenwart in der Luft ist von Boussingault (Journ. f. pract. Chem. B. III. S. 151.) wirklich nachgewiesen worden und auch im Regenwasser finden sie sich. Eine feurige Kugel, welche einen langen Weg in der Atmosphäre zurücklegt, und daher mit grofsen Quantitäten Luft in Berührung kommt, wird solche Substanzen zersetzen und Kohle wird sich auf ihrer Oberfläche niederschlagen. Enthält die Feuerkugel reducirbare Metalloxyde, so wird die Kohle, indem sie reducirt, zu Kohlensäure und entweicht. Spuren von Kohle, welche man auf der Oberfläche einer Feuerkugel ohne reducirbare Metalloxyde findet, können daher jenen Ursprung haben. Es wäre möglich, dafs auch ein Theil der in dem Meteorsteine von *Saint-Etienne de Lolm* gefundenen kohligen Substanz einen solchen atmosphärischen Ursprung hatte.

*) Es ist uns kein Fall bekannt, dafs, unmittelbar nach dem Niederfallen gefundene Meteorsteine nicht heifs gewesen wären. Der am 12. Juni 1840 bei *Uden* in *Nord-Brabant* niedergefallene Stein, welcher nur 0,71 Niederl. Pfund wog, war so heifs, dafs man ihn nicht anfassen konnte. Der am 2. Juni 1843 in der Nähe von *Blaauw-Kapel* bei *Utrecht* niedergefallene, 7 Kilogramm schwere Meteorstein, welcher von einem Bauer, der das Niederfallen beobachtet hatte, eine Viertelstunde darauf aufgenommen wurde, war

wir doch schliefsen, dafs dieselben bei ihrem Eintritte in die Atmosphäre erhitzt, vielleicht glühend gewesen waren. Durch welche andere Ursache sollte ein, in die Atmosphäre gelangender Körper mit, Kanonenschüssen ähnlichen Detonationen zerspringen, wenn es nicht durch eine plötzliche Abkühlung geschähe, die eintreten wird, wenn ein solcher im leeren Weltenraume mit grofser Geschwindigkeit sich bewegender Körper in einen mit ponderabler Materie erfüllten Raum gelangt? Dafs aber die gleichzeitig an zwei verschiedenen Orten niedergefallenen Steine, welche beide von Norden kamen, Bruchstücke einer gröfseren Meteormasse waren, scheint nicht zweifelhaft. Das Gewicht dieser gröfseren Masse von ungefähr 12 Pfund setzt, da das spec. Gewicht 1,94 ist, einen Duchmesser von etwas über 5 Zoll voraus. Ein solcher kleiner Körper konnte von den Beobachtern erst gesehen werden, als er ihnen schon sehr nahe war; er hatte daher bis dahin schon einen langen Weg in der Atmosphäre zurückgelegt und war auf demselben schon so weit erkaltet, dafs er beim Tageslichte nicht mehr glühend erscheinen konnte. Alle diese Verhältnisse beweisen unwiderleglich, dafs dieser Meteorstein ursprünglich eine hohe Temperatur gehabt habe, welche mit dem Vorhandensein einer, durch Hitze zerstörbaren kohlehaltigen Substanz im Widerspruche steht. In keinem Falle kann diese Substanz irgend einen Wink über die Existenz des Kohlenstoffs im Weltenraume oder organischer Gebilde auf andern Weltkörpern geben. Da bei anderen Meteorsteinen, welche seit undenklichen Zeiten in der Erde begraben gelegen haben, die Wahrscheinlichkeit, dafs organische Substanzen durch Gewässer eingeführt worden seien, noch bei weitem mehr hervortritt: so sind keine Gründe zur Annahme eines cosmischen Kohlenstoffs vorhanden. Können wir diefs auch nicht für einen Beweis halten, dafs auch auf der Erde in der Schöpfungsperiode kein Kohlenstoff vorhanden gewesen sein könne: so unterstützt es doch unsere übrigen Gründe gegen eine solche Existenz.

kalt. Er war daher höchst wahrscheinlich unterdessen erkaltet. E. H. v. Baumhauer in Poggend. Annal. Bd. LXVI. S. 466 und 467.

Anthrazit.

Ganz unzweifelhaft gehört der Anthrazit zu den Ueberresten organischer Substanzen. Er besitzt die Natur der Steinkohle; seine Bildung ist indefs, wie sein Vorkommen zeigt, häufig eine ältere, und defshalb verläugnet er seinen organischen Charakter noch mehr, als jene. Er vermittelt gleichsam den Uebergang zum Graphit *). Der faserige Anthrazit oder die mineralisirte Holzkohle ist jedoch von gleicher Bildung, wie die Steinkohle; denn dieser bildet in allen Steinkohlen-Lagern dünne Schichten und ist, nach Karsten, nur eine, an Wasserstoff ärmere und sich wie Sandkohle verhaltende Steinkohle.

Nach den Untersuchungen mehrerer Arten von Anthrazit durch Regnault, L. Gmelin, Woskressensky und Jacquelin **) enthalten dieselben:

Kohlenstoff	85,96 — 94,23
Wasserstoff . . .	1,49 — 3,92
Sauerstoff . . . / Stickstoff . . .	0,29 — 3,45
Wasser	1,59
Asche	0,94 — 7,07

Vanuxem, welcher die Varietäten von *Lehigh* in *Pennsylvanien* und von *Rhode Island* untersuchte ***), fand 77,7 bis 90,1 Proc. Kohlenstoff, 4,9 bis 6,7 Proc. Wasser und Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd. Auf einen Gehalt an Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff scheint er keine Rücksicht genommen zu haben.

Die Gegenwart der flüchtigen Stoffe, nach den ersteren Analysen, schliefst die Annahme einer Mitwirkung erhöhter Temperatur bei seiner Bildung gänzlich aus †).

*) Rammelsberg Handwörterbuch. Erstes Suppl. S. 12.

**) Ebendas.

***) Dana, Syst. of Min. p. 519.

†) Bronn a. a. O. S. 621. Derselbe nimmt, ohne Zweifel um die Gegenwart der flüchtigen Stoffe begreifen zu können, eine Tem-

Suchen wir weitere Beweise gegen die Ansicht, dafs der Anthrazit eine ursprüngliche Bildung sei: so finden wir sie in der Gegenwart von Pflanzen-Abdrücken und organischen Ueberresten, und in dem Vorkommen in sedimentären Formationen.

So bestehen die Anthrazite von *Isère* und *Tarentaise* aus umgeänderten Gebilden mit Kohlen-Pflanzen und Lias-Konchylien. Die von Schönfeld bei *Freiberg* in *Sachsen* erscheinen mit Pflanzen-Resten in unregelmäfsigen Wechsellagern von mannichfaltig in einander übergehenden Feldsteinphorphyren, Conglomeraten, Sandsteinen und kohligen Schieferthonen u. s. w.

Im Thonschiefer *) und in der Grauwacke bildet der

peratur-Einwirkung unter hohem Drucke und Luft-Ausschlufs an. Das Vorkommen des Anthrazits ist jedoch nicht von der Art, dafs man an einen hermetischen Abschlufs und an eine Glühung, z. B. im Thonschiefer, denken könnte.

*) Das Vorkommen des Anthrazits in der Grauwacke, im nördlichen Theile von *Devonshire* wurde erst im rechten Lichte betrachtet, als Weaver fand, dafs im südlichen *Irland* eine beträchtliche Kohlenbildung in dieser Formation sich findet. Alle Kohlenflötze in der Provinz *Munster*, mit Ausschlufs der Grafschaft *Clare*, gehören dieser Bildung an. Zu *Knockasartnet* bei *Killarney* und nördlich von *Tralee* sind dünne Anthrazit-Lager, die bis 70° fallen, oder seiger stehen, in der Grauwacke und im Thonschiefer eingeschlossen. In der Grafschaft *Cork* ist diese Kohlenbildung besonders bei *Kanturk* entwickelt, und erstreckt sich nordwärts von *Blackwater* bis zum *Allow*. Pflanzenabdrücke, die dem Kohlengebirge, so weit jetzt die Beobachtungen reichen, gänzlich fehlen, kommen im Nebengesteine vor. Aehnliche Kohlenflötze finden sich in der Grafschaft *Limmerick*.

Diefs beweiset, dafs die Anhäufung von Pflanzen, hinreichend um Kohlenflötze hervorzubringen, in einer sehr frühen Zeit in *Europa* begonnen hatte, und, wie es scheint, auch in *Amerika*. Nach Eaton gehören die Anthrazit-Flötze von *Worcester* und *Newport* derselben Epoche an (De la Beche Handb. d. Geognosie von von Dechen S. 504). Nach neueren Beobachtungen (l'Institut No. 583. 26. Fev. 1845) findet sich an jener Stelle ein Graphit-Lager, mit unreinem Anthrazit begleitet, im Glimmerschiefer. Es hat ungefähr $1\frac{1}{2}$ Fufs Mächtigkeit und stellenweise zeigt es sich irisirend, wie die Steinkohle, und enthält Schwefelkiese,

Anthrazit Nester und ganze Lager, zuweilen von bedeutender Mächtigkeit; ebenso finden sich Lagen zwischen Glimmerschiefer und Alaunschiefer. Auf Gängen kommt er vor im Alaunschiefer, im Grauwackenschiefer, mit Kalkspath im Trapp, desgleichen auf Quarzgängen, Silbererzgängen u. s. w. Wenn alle diese Fundorte entschieden für seine Bildung auf nassem Wege sprechen: so wird man auch nicht anstehen, sein Vorkommen auf Kluftflächen im Granit derselben Bildung zuzuschreiben. Ebenso wie die, den Anthrazit begleitenden Fossilien, Quarz, Kalkspath, Barytspath u. s. w. Absätze aus Gewässern sind, welche in Gängen und Kluftflächen geflossen sind: so ist es auch zu begreifen, wie sich organische Substanzen, die fast alle Gewässer aufgelöst enthalten, mit jenen abgesetzt und durch allmählige Zersetzung in Anthrazit umgewandelt haben. Wäre jemals Kalkspath und Barytspath mit Anthrazit der Glühehitze ausgesetzt gewesen: so hätte dieser jene in reinen Kalk und in Schwefelbaryum zersetzt und wäre in Verbindung mit Kohle als Kohlenoxydgas und Kohlensäuregas entwichen. Statt Kalkspath und Barytspath, würde man also gebrannten Kalk und Schwefelbaryum finden; hätten dagegen später Gewässer Zutritt gefunden, so würden diese leichtlöslichen Zersetzungsproducte fortgeführt worden sein.

Diamant.

Wollte man von der Ansicht ausgehen, die Natur habe das Einfache geschaffen, und erst im Laufe der Zeit seien zusammengesetzte Körper entstanden: so könnte man den Diamant für eine ursprüngliche Bildung halten; denn selbst Gold,

wie der darüber liegende Thonschiefer und der Granaten führende Glimmerschiefer. Die krystallinischen Schiefer, welche Graphit enthalten, sind vom Anthrazit, welchen man an den Grenzen von *Rhode-Island* und *Massachussets* findet, durch ein Lager von Gneifs und Hornblendeschiefer in einer Ausdehnung von ungefähr 30 Meilen getrennt. Der Anthrazit in diesem Vorkommen ist unrein und erdig. In den kohligen und schwefelkiesigen Schiefern, welche ihn begleiten, sieht man zahlreiche Abdrücke von den gewöhnlichen Pflanzen in der Steinkohlen-Formation.

und noch weniger Platin, kommen in einem solchen Zustande der Reinheit vor, wie dieser Edelstein.

So lange man den Diamant nur im aufgeschwemmten Lande, in Flüssen und in Trümmer-Gesteinen fand, war fast jede Hypothese über seine Entstehung zulässig; denn wir treffen ihn in Gesellschaft der verschiedenartigsten Gesteine. In *Hindostan* finden wir ihn in einer Sandstein-Breccie, welche aus Körnern von Hornstein, gemeinem Quarze, Chalcedon, Jaspis, Karniol und Brauneisenstein besteht, und eine, meist nur wenige Fufs mächtige Lage bildet, mehr oder weniger tief unter der Erdoberfläche, nicht selten bedeckt von mächtigen Sandstein-Schichten. Auf *Borneo* kommen die Diamanten, nach Horner *), in einer mächtigen Lage rothen Thons vor, und darunter finden sich Quarzgeschiebe oder Syenit- und Diorit-Stücke, seltener auch Mergellager mit noch lebenden Muscheln (ostraea cardium). Sie sind, begleitet von Magneteisen, Gold- und Platin-Schüppchen, auch von Iridium- und Osmium-Körnchen.

In den Seifenwerken am *Ural* kommt der Diamant in einem lehmartigen Goldsande vor, der hauptsächlich durch Würfel von Brauneisenstein, durch Umwandlung von Eisenkies entstanden, und durch Quarzkrystalle characterisirt ist. Bei *Kuschaisk* liegt das Seifen-Gebirge auf Syenit-Porphyr und Diorit. In der Provinz *Constantine* in *Africa* findet er sich im Gold-führenden Sande des Flusses *Gumel*.

In *Brasilien* treffen wir ihn in Trümmer-Gesteinen, mit kleinen Blättchen von gediegenem Golde, meist in abgerundeten Körnern und Krystallen. im eisenschüssigen Thone und Sande, so dafs ganze Schichten, unter der Dammerde liegend, Diamanten, oft die schönsten Krystalle enthalten. Sie sind begleitet von Geschieben und abgerundeten Krystallen von Quarz, desgleichen von Eisenglanz, Eisenglimmer, Brauneisenstein, Jaspis, Chalcedon, Disthen, Chrysoberyll, Anatas, gediegenem Golde und Platin; auch Bruchstücke von Thonschiefer, Talkschiefer und Brauneisenstein kommen vor.

Dafs alle diese Begleiter des Diamants nicht mit ihm

*) Poggend. Annal. Bd. LX. S. 526.

von denselben zerstörten Gebirgsarten herrühren können, ist klar. Es liegt auch in der Natur der Sache, dafs im aufgeschwemmten Lande, in Geschieben, überhaupt in Thälern, alle Fossilien und Bruchstücke der Gebirgsgesteine des ganzen Stromgebietes vorkommen. So wie in den Geschieben des *Rheinthals* Quarze, Basalte, Thonschiefer, bunte Sandsteine oft dicht neben einander liegen, so werden sich auch Diamante neben Dioriten, Quarzen, Brauneisensteinen, Chalcedonen finden, obgleich die Fundorte dieser Geschiebe hunderte von Meilen von einander entfernt sein können.

Auch der Umstand, dafs in *Brasilien* die Quarz-Geschiebe durch ein Bindemittel aus Brauneisenstein zusammengekittet sind, worin Diamanten liegen, kann keineswegs für eine gemeinschaftliche Abstammung sprechen; denn es können eisenhaltige Gewässer gewesen sein, welche lose neben einander gelegene Quarze und Diamanten cementirt haben.

Ebenso dürfte das Zusammenvorkommen der Diamanten mit Gold und Platin meist nur ein zufälliges sein, da nach neueren Beobachtungen Diorite manchmal edle Metalle führen; in diesem krystallinischen Gesteine aber keine Diamanten gefunden werden.

Im Museum zu *Rio Janeiro* befindet sich ein ziemlich grofser abgerundeter Diamant mit sehr deutlichen Eindrücken von Quarzkörnern; letztere waren also vorhanden, als der Kohlenstoff krystallisirte.

Erst vor wenigen Jahren war man so glücklich, das Muttergestein des Diamants in *Brasilien* zu finden. Nach Lomonossoff *) ist es der Itacolumit auf dem linken Ufer des *Corrego dos Rois*.

Die Gerölle, aus denen die Diamanten bisher gewaschen wurden, liegen ebenfalls im Gebiete des Itacolumits. Mehrere Jahre lang hat man sie aus diesem Muttergesteine gewonnen, indem man dasselbe mit Pulver sprengte, die Gesteinstücke

*) Compt. rend. 1843. No. 1. p. 38. und No. 3. p. 87. Poggend. Annal. Bd. LVIII. S. 474. Vergl. auch Eschwege, Claussen und Denis im Jahrb. fur Mineral. u. s. w. 1842. S. 459 und 605.

mit dem Hammer zerkleinerte und schlämmte. Jetzt hat man diese Gewinnung aufgegeben, da das Gestein um so fester wurde, je tiefer man kam, und sich außerdem noch andere Schwierigkeiten entgegenstellten. Die Diamanten sind von verschiedener Gröfse mit abgerundeten, aber glänzenden Flächen, fest eingewachsen im Quarze des Muttergesteins.

Wir wollen einige Augenblicke bei der Ansicht Girard's *) und Anderer stehen bleiben, der Itacolumit sei ein durch plutonisches Feuer metamorphosirtes Gestein, und sehen, zu welchen Folgerungen diese Ansicht führt.

Ist der Itacolumit ein solches metamorphisches Gestein: so kann der in ihm vorkommende Diamant keine frühere Bildung sein. War es aber derselbe Procefs, wodurch das Gestein metamorphosirt wurde, und Diamanten sich bildeten: so könnte man nicht anstehen, letztere für plutonische Erzeugnisse zu halten. Sollten jedoch diese Processe nicht gleichzeitige gewesen sein, so müfste man fragen, welcher von beiden war der frühere, und welcher der spätere. War die Bildung der Diamanten der frühere Procefs, ging er etwa auf nassem Wege von statten: so wäre nicht zu begreifen, wie sich diese Edelsteine bei der spätern Metamorphose des Gesteins auf plutonischem Wege, in Berührung mit Eisenoxyd und Eisenoxydulsilicaten erhalten konnten, ohne das Eisen zu reduciren **).

Es kann leicht sein, dafs die Ultraplutonisten, um dieser Schwierigkeit zu entgehen, zu dem ihnen stets bereit stehenden Mittel, zum Drucke, Zuflucht nehmen. Diesem wider-

*) Ebend. 1843. S. 309.

**) Die Diamanten auf *Borneo* sollen, nach Horner, von kleinen Stücken gediegenen Eisens begleitet sein. Sollte diefs der Fall sein, so könnte man vermuthen, dieses Eisen rühre von einer Reduction des Eisenoxyds durch die Diamanten, während der Metamorphose des Gesteins, her, so dafs nur die mit dem Eisenoxyde in Contact gewesenen verschwunden wären, die übrigen aber sich erhalten hätten. Allein diese Angabe ist zu unbestimmt, und die Erhaltung des Eisens im aufgeschwemmten Lande im metallischen Zustande zu unwahrscheinlich, als dafs man darauf irgend eine Vermuthung gründen könnte.

sprechen indefs die Versuche Barruel's *), nach welchen Eisenoxyd sich in einem mit Thon- und Kohle ausgefütterten Pistolen-Laufe, der zugeschweifst und stark erhitzt wurde, vollständig reducirte.

Wollte man annehmen, die Diamanten seien nach der Bildung des Itacolumits durch eine plutonische Metamorphose entstanden: so würden die in dem sedimentären Gesteine enthalten gewesenen organischen Ueberreste, welche das Material zu den Diamanten hätten liefern müssen, durch diese Metamorphose zerstört worden sein.

Bronn **) beleuchtete diese Verhältnisse von verschiedenen Seiten; da er indefs der Annahme folgt, der Itacolumit sei ein metamorphisches Gestein, und da er auch die Begleiter des Diamants, wie Quarz-, Thon- und Talkschiefer, Brauneisenerz, Jaspis, Chalcedon, zu den plutonischen Bildungen zählt: so konnte es ihm nicht gelingen, den Schleier zu lüften.

Brewster ***) beobachtete, dafs Diamanten, welche zuweilen eine kleine Höhlung enthalten, nahe um dieselbe herum das Licht so brechen, als wäre ihre Masse hier dichter, als im Uebrigen. Er schlofs hieraus, dafs der Diamant weich gewesen und allmählig erhärtet sei, und sich um eine darin vorhandene Luftblase zusammengezogen habe, deren Luftgehalt einen Gegendruck gegen die nächste Umgebung ausgeübt hätte, so dafs diese dadurch dichter geworden wäre. Eine solche Vorstellung läfst sich allerdings mehr mit einer Bildung auf nassem, als auf trocknem Wege einigen.

Nach Dumas und Stafs †) läfst der Diamant beim Verbrennen in Sauerstoffgas $\frac{1}{2000}$ bis $\frac{1}{500}$ eines gelblichen Rückstandes. Erdmann und Marchand ††) erhielten gleichfalls ungefähr $\frac{1}{1000}$ einer röthlichen Asche. Diese Versuche sind indefs stets mit nicht ganz farblosen, ungeschliffenen Steinen

*) L'Institut 1844. No. 549.

**) A. a. O. S. 626.

***) Jahrb. für Mineral. u. s. w. 1834. S. 225.

†) Annal. de chim. et de phys. III. Sér. I. p. 5.

††) Journ. für pract. Chem. Bd. XXIII. S. 159.

angestellt worden. Petzholdt *) will bei der mikroskopischen Untersuchung dieser Rückstände eine Aehnlichkeit mit der vegetabilischen Zellen-Structur beobachtet haben, die er auch an einem braunen Einschlusse eines nelkenbraunen Diamanten wiederfand. Mittelst des Löthrohrs liefs sich Kieselsäure und Eisen in der Asche nachweisen. Wöhler **) konnte indefs bei der Untersuchung von 50 Diamanten, welche sämmtlich Einschlüsse enthielten, nichts von pflanzenähnlicher Structur wahrnehmen. Aus jenen Versuchen läfst sich daher nichts über den Ursprung der Diamanten ableiten.

Liebig ***) betrachtet die Bildung des Diamanten geradezu als einen fortgesetzten Verwesungs-Procefs. „Denken wir uns," sagt er, „die Verwesung in einer Flüssigkeit vor sich gehen, welche reich ist an Kohlenstoff und Wasserstoff, so wird, ähnlich, wie bei der Erzeugung der kohlereichsten, krystallinischen Substanz, des farblosen Naphtalins, aus gasförmigen Kohlenwasserstoff-Verbindungen, eine an Kohlenstoff stets reichere Verbindung gebildet werden, aus der sich zuletzt als Endresultat ihrer Verwesung Kohlenstoff in Substanz, und zwar krystallinisch, abscheiden mufs. Die Wissenschaft bietet aufser dem Processe der Verwesung keine Analogie für die Entstehung des Diamanten dar. Man weifs gewifs, dafs er seine Bildung nicht dem Feuer verdankt; denn hohe Temperatur und Gegenwart von Sauerstoff sind mit seiner Verbrennlichkeit nicht vereinbar; man hat im Gegentheile überzeugende Gründe, dafs er auf nassem Wege, dafs er in einer Flüssigkeit sich gebildet hat, und der Verwesungsprocess allein giebt eine bis zu einem gewissen Grade befriedigende Vorstellung über seine Entstehungsweise."

Vom chemischen Standpuncte aus läfst sich gegen diese Schlufsfolge nichts einwenden. Eben defshalb können wir auch den Gegengründen Bronn's †) kein Gewicht beilegen.

*) Beiträge zur Naturgeschichte des Diamants. Dresden und Leipzig 1842.

**) Annal. der Chemie u. Pharm. Bd. XLI. S. 346.

***) Die organische. Chemie u. s. w. S. 473.

†) A. a. O. S. 627.

Auch die analoge Erscheinung, dafs Bernstein, die fossilen Harze und die Säure im Honigsteine, Begleiter von Vegetabilien sind, welche den Verwesungsprocefs erlitten haben, und offenbar durch einen Zersetzungsprocefs aus Substanzen entstanden sind, die in einer ganz andern Form in den lebenden Pflanzen enthalten waren, und sich alle durch einen verhältnifsmäfsig geringen Wasserstoff-Gehalt auszeichnen: auch diese Analogie spricht gewifs sehr zu Gunsten seiner Ansicht. Allein die Frage entsteht, ob sich diese Ansicht mit dem Vorkommen der Diamanten in einem Gebirgsgesteine, wie der Itacolumit, einigen lasse?

Wären wir darauf angewiesen geblieben, den Procefs der Diamanten-Bildung im aufgeschwemmten Lande selbst, worin wir diese Edelsteine finden, anzunehmen: so würden daselbst solche Bedingungen, wie sie Liebig annimmt, leichter, als in einem festen Gesteine vorauszusetzen sein. Seine Begleiter, ob neptunische oder plutonische Fossilien, würden uns nichts kümmern; seine Bildung würde durch einen Verwesungsprocefs organischer Ueberreste ganz unabhängig von denselben gedacht werden können. Man könnte sogar die unzweifelhafte Bildung der ihn begleitenden kieseligen Fossilien (Chalcedon, Jaspis, Karniol u. s. w.) auf nassem Wege, als einen coordinirten, oder mit der Diamanten-Bildung verschwisterten Procefs betrachten. Seine übrigen plutonischen Begleiter könnte man als zufällig hergeschwemmt betrachten.

Um zu klaren Begriffen zu kommen, ob in einem festen Gesteine, wie der Itacolumit, die Bildung der Diamanten gedacht werden könne, müssen wir folgende Betrachtungen voraussenden.

Der Itacolumit, eine aus vorwaltendem Quarz und Talk oder Glimmer bestehende Gebirgsart, mit körnigschieferigem Gefüge, soll, wie schon bemerkt wurde, ein metamorphisches Gestein, welches mit Talk- und Chloritschiefer wechsellagert, auf Thonschiefer ruht und wieder von Eisenglimmerschiefer bedeckt ist, sein. Bei dessen Entstehung in grofser Hitze und unter hohem Drucke soll der Bitumen-Gehalt der Grauwacke oder des Thonschiefers, woraus er vielleicht entstanden, den concentrirten Kohlenstoff zur Bildung des Diamanten geliefert haben.

Es läfst sich leicht zeigen, dafs keine Vorstellung irriger, als diese sein kann. Wir haben in diesem Gesteine Talk oder Glimmer. Es sind drei Annahmen möglich: entweder enthielt das sedimentäre Gestein Talk und solche Fossilien, die mit jenem Glimmer hätten geben können, oder es enthielt Glimmer und daraus wäre Talk entstanden, oder es enthielt irgend andere Fossilien, aus denen Talk oder Glimmer sich gebildet hätten?

Wir finden Talk als Pseudomorphose nach Disthen, Chiastolith, Feldspath, Pyrop und Couzeranit; noch nie hat man aber irgend ein Fossil in Formen von Talk gefunden. Das Mineralreich zeigt uns daher Umwandlungen von Fossilien in Talk, nicht aber umgekehrt Umwandlungen des Talks in andere Fossilien. Soll daher die Annahme einer Metamorphose einen Sinn haben, soll sie auf irgend eine Thatsache und nicht auf ein Phantasie-Spiel gegründet sein: so müfste in dem ursprünglichen sedimentären Gesteine das eine oder das andere oder mehrere jener Fossilien, welche sich in Talk umwandeln können, vorausgesetzt werden. Alle jene Fossilien sind aber in ihrem unveränderten Zustande wasserfrei; der Talk dagegen ist wasserhaltig, und der Wassergehalt ist, nach Marignac *), mehr oder weniger constant, mithin in chemischer Verbindung. Wir überlassen es daher den Ultraplutonisten, mittelst des metamorphosirenden plutonischen Feuers aus einem wasserfreien Fossile ein wasserhaltiges zu machen. Wir können ein solches Kunststück nicht; sondern wir sind der, vielleicht trivial genannten Ansicht, dafs, wenn ein wasserfreies Fossil in ein wässeriges umgewandelt werden soll, vor allem Wasser gegenwärtig sein mufs.

Wir kennen nicht weniger, als 16 Fossilien, in deren Form Glimmer gefunden wird. Enthielt das sedimentäre Gestein das eine oder das andere oder mehrere dieser Fossilien: so konnten Umwandlungen in Glimmer von Statten gehen. Es wurde indefs schon früher (Bd. I. S. 848) bemerkt, wie alle diese Umwandlungen damit beginnen, dafs die ursprünglich wasserfreien Fossilien Wasser aufnehmen. Wir kommen also auf dieselbe Contradictio in adjecto, dafs die Aufnahme von

*) Compt. rend 1846. T. XXII. No. 14.

Wasser bei Umwandlung eines wasserfreien Fossils durch Feuer bewirkt worden sein müſste; denn wenn auch der Glimmer im Itacolumit ein völlig wasserfreier sein sollte (bekanntlich geben die Analysen der meisten Glimmerarten mehr oder weniger Wasser an) so muſste doch während der Umwandlung der Zutritt von Wasser stattgefunden haben.

Der Glimmer kann sich in Speckstein umwandeln, in ein Fossil, welches die gröſste Aehnlichkeit mit dem Talk hat, und sogar nur für eine Varietät des Talks gehalten wird. Es mag sein, daſs der Talk im Itacolumit eben so gut Speckstein genannt werden könnte, und eben so mag es Umwandlungen des Glimmers in eigentlichen Talk geben. Es könnte daher der Talk im Itacolumit sehr wohl ein umgewandelter Glimmer sein, und diese Umwandlung würde, letzterer mag wasserhaltig sein, oder nicht, jeden Falls auf nassem Wege stattgefunden haben. Nicht bloſs der Wassergehalt des Talks, sondern die Art der Umwandlung, daſs z. B. in einer Granitstufe, angeblich aus der Gegend von *Brünn* *), neben dem in Speckstein umgewandelten Glimmer, auch der Feldspath kaolinartig geworden ist, bürgen entschieden dafür.

Daſs da, wo der Itacolumit vorkommt, bedeutende Umwandlungen stattgefunden haben, zeigt auch die Wechsellagerung mit Talk- und Chloritschiefer; denn diese Schieferarten sind, wie wir später zeigen werden, nichts anderes, als Umwandlungs-Producte. Chlorit erscheint in Pseudomorphosen nach Turmalin, Hornblende, Granat und sogar nach Feldspath **). Verschiedenartige Gesteine können daher das Material für Chlorit und ebenso für den Talk geliefert haben. Schwerlich wird man aber eine Umwandlung auf nassem Wege bezweifeln, wenn das Umwandlungs-Product, wie der Chlorit, 12 Proc. Wasser enthält.

Bei solchen Umwandlungen von Gesteinen auf nassem Wege, im groſsartigen Maaſsstabe, konnte es nicht fehlen, daſs auch organische Substanzen daran Antheil genommen haben, sei es, daſs dieselben in den Gesteinen schon vor-

*) Blum, die Pseudomorphosen des Mineralreichs. S. 133.

**) Blum Nachtrag zu den Pseudomorphosen. 1847. S. 85.

handen waren, oder dafs sie von den Gewässern zugeführt wurden.

Ist es aber nicht mit Wahrscheinlichkeit zu denken, dafs gerade durch ein Zusammenwirken von Zersetzungsprocessen in unorganischen Stoffen und organischen Ueberresten eine allmählige Ausscheidung des Wasserstoffs, Stickstoffs und Sauerstoffs aus letzteren herbeigeführt werde, so dafs zuletzt der Kohlenstoff und zwar im krystallinischen Zustande übrig bliebe? — Gerade das seltene Vorkommen des Diamanten zeigt, dafs nicht jeder Zersetzungsprocefs organischer Substanzen diesen Edelstein liefern kann; denn wäre er das Endglied jeder Fäulnifs und Verwesung, so müfste es an allen Orten und Enden Diamanten geben.

Die Entwicklung des Kohlenwasserstoff- und Kohlensäuregases in Steinkohlen-Gruben zeigt, dafs heut zu Tage noch derselbe Procefs, die Ausscheidung des Wasserstoffs und Sauerstoffs aus Steinkohlen, wie aus den in Sümpfen faulenden Pflanzen von Statten geht. Dieselben Producte der Zersetzung in einem eben beginnenden und in einem, ohne Zweifel schon Millionen Jahre daurenden Procefs, läfst das unermüdliche Streben der Natur wahrnehmen, den Kohlenstoff von seinen Begleitern in den Organismen zu trennen und zu isoliren. Und doch zeigt die Flamme der brennenden Steinkohlen, dafs diese Isolirung noch lange nicht ihr Ende erreicht hat.

Ist nun der Natur diese Isolirung nicht durch einen Procefs gelungen, der fast bis zu der Periode, wo das organische Reich auf Erden erschienen ist, reicht, hat sie nicht vermocht, durch einen so lange dauernden Fäulnifs-Procefs Diamanten zu machen: so mufs es auffallen, diese Edelsteine in Gesteinen zu finden, die viel später, als die Steinkohlen-Formation gebildet worden sind. In einer noch älteren, in der ältesten sedimentären Formation, in der Pflanzen-Ueberreste vorkommen, im Thonschiefer, finden wir noch eine Wasserstoff- und Sauerstoff-haltige Kohle, den Anthrazit, und ist zwar der in dieser Formation gleichfalls auftretende Graphit frei von diesen Bestandtheilen: so hat doch die Natur ihn nicht zum Krystallisiren bringen können.

Man sieht, durch Fäulnifs-Processe allein, mögen sie in grofsen Massen, wie in den Steinkohlen, oder auf Klüften im

Gesteine von Statten gehen, bildet sich kein reiner krystallisirter Kohlenstoff. Das häufige Vorkommen des Graphits im Glimmerschiefer, in einem Gesteine, welches dem Itacolumit so nahe steht, scheint übrigens einen Wink zu geben, dafs die Processe, wodurch Graphit und Diamant gebildet worden, einander nicht sehr ferne stehen.

Wir haben gesehen, wie der Fäulnifsprocefs Eisenoxyd zu Eisenoxydul reducirt (Bd. I. S. 942), wie organische Substanzen und Ueberreste eine Hauptbedingung der Bildung des Eisenkieses (Bd. I. S. 919) sind. Bei diesen Processen finden wir also unorganische und organische Substanzen in Wechselwirkung. Wie nun, wenn beide Reductionen darin beständen, dafs sich aus den organischen Substanzen eine Kohlenwasserstoff-Verbindung absonderte, welche das Eisenoxyd in Eisenoxydul, das schwefelsaure Salz in Schwefelleber umwandelte, und dadurch den Wasserstoff zur Abscheidung brächte, während der Sauerstoff in den organischen Substanzen in Verbindung mit Kohlenstoff, als Kohlensäure, aus der Mischung träte und mit dem Eisenoxydul oder mit der metallischen Basis der Schwefelleber, nach vorhergegangener Oxydation des Metalls, Carbonate bildete? — Es sind diefs nicht imaginäre, sondern wirklich von Statten gehende Processe, und da wir sehen, dafs da, wo sich organische Substanzen allein, ohne Mitwirkung von unorganischen zersetzen, der Wasserstoff und der Sauerstoff in Verbindung mit Kohlenstoff entweichen: so haben wir die Analogie für uns, wenn wir annehmen, dafs, in Berührung mit unorganischen Substanzen, der Wasserstoff und der Sauerstoff in denselben Verbindungen aus der Mischung treten. Kurz, wir können uns ohne Schwierigkeit denken, wie durch Reduction des Eisenoxyds und schwefelsaurer Salze, auf Kosten organischer Ueberreste, der Wasserstoff und Sauerstoff derselben nach und nach zur völligen Abscheidung kommt, und wie der völlig isolirte Kohlenstoff in statu nascenti zu krystallisiren vermöge.

Mit diesen Ansichten ist in völliger Uebereinstimmung die Begleitung der Diamanten von Brauneisenstein, welcher im *Ural* durch Umwandlung von Eisenkies entstanden ist. Sehr bemerkenswerth ist auch, dafs in der Provinz *Minas-Geraes* in *Brasilien* die Diamanten in einem durch Eisenoxydhydrat

fest verbundenen Conglomerate vorkommen, welches viele Aehnlichkeit mit manchen unserer Raseneisensteine hat, und gewifs sehr jugendlicher Entstehung ist *). Diese Aehnlichkeit mit einem Gesteine, welches nachweisbar durch gegenseitige Einwirkung von Eisenoxyd und faulenden organischen Substanzen entstanden ist, spricht sehr zu Gunsten der vorausgesetzten Processe.

Schliefslich kommen wir in Beziehung auf das Vorkommen des Diamants im Itacolumit auf die schon mehrmals erörterte Frage zurück, wo war in diesem Gesteine Platz für die Bildung der Diamanten? —

In einem Gesteine, in welchem bedeutende Zersetzungen von Statten gehen, Glimmer in Talk oder Speckstein umgewandelt, und daher viele Bestandtheile fortgeführt werden, da entstanden durch solche Fortführungen leere Räume genug, in welchen Diamanten sich ausbilden konnten.

Den Umstand, dafs Kohlenstoff in einem, Eisenoxyd in irgend einer Verbindung, enthaltenden Gesteine in hoher Temperatur nicht existiren könne, haben wir als ein Hauptargument gegen die plutonische Bildung des Diamanten hervorgehoben. Da der Kohlenstoff in der Form als Diamant schwer entzündlich ist: so könnte man vielleicht die Bemerkung machen, dafs ein solcher schwer entzündlicher Körper in hoher Temperatur neben Oxyden bestehen könne, ohne dieselben zu reduciren. Daher schien es nöthig, hierüber durch Versuche zu entscheiden.

Chemisch reines Eisenoxyd, fein gepülvert, wurde in einen Platintiegel gebracht, und ein Diamant von 0,25 Gran Gewicht in das Pulver, nahe am Boden gelegt. Der bedeckte, in einen hessischen und ebenfalls bedeckten Tiegel gestellte Platintiegel wurde einer mehrstündigen starken Glühehitze ausgesetzt. Das Eisenoxyd war etwas zusammengesintert, und fast schwarz geworden. Es hatte 1,4 Gran an Gewicht verloren. Die Magnetnadel zog es an. Ein Stückchen, entfernt von der Stelle, wo der Diamant gelegen hatte, abgebrochen, zeigte, als es in Salzsäure aufgelöst wurde, durch Prüfung mit Reagentien die Gegenwart von Eisenoxydul.

*) Blum Lehrb. der Oryktognosie. Zweite Aufl. S. 120.

Nachdem der Rest des geglühten Eisenoxyds zerdrückt worden, fand sich der rückständige Diamant. Die Ecken und Kanten der Facetten waren abgerundet, der Glanz war verschwunden und der ganze Diamant milchweifs, wie Opal geworden. Er wog nur noch 0,19 Gr., und hatte daher 0,06 Gr. an seinem Gewichte verloren. Da 0,06 Gr. Kohlenstoff, 0,22 Gr. Kohlensäure geben, so kommen 1,18 Gr. von jenem Gewichtsverluste von 1,4 Gr. nicht auf Rechnung der gebildeten Kohlensäure; sondern rühren von entwickeltem Sauerstoffgase her, da bekanntlich Eisenoxyd in sehr hoher Temperatur zu Eisenoxyduloxyd reducirt wird.

Ein völliges Verschwinden des Diamanten konnte man nicht erwarten, da, wegen seiner Feuerbeständigkeit, und weil das Eisenoxyd nicht zum Schmelzen kam, seine reducirende Wirkung aufhören mufste, als das Eisenoxyd in seiner Umgebung reducirt war.

Um zu prüfen, ob der Diamant Eisenoxydulsilicate zu reduciren im Stande ist, wurde ein solcher von 0,39 Gran Gewicht, mit fein gepülvertem Basalt in einem Porcellantiegel bedeckt, einer mehrstündigen sehr starken Hitze ausgesetzt. Die erstarrte geschmolzene Masse wurde in mehrere Stücke zerschlagen. Nirgends konnte ich einen Rest des Diamanten finden; gleichwohl konnte mir ein solcher entgangen sein, da, nach weiterer Zerkleinerung der Masse, etwa noch vorhandene Diamantstäubchen nicht mehr zu unterscheiden waren. Reducirtes Eisen war nirgends wahrzunehmen, und als das Pulver mit erhitzter verdünnter Schwefelsäure behandelt wurde, entwickelte sich auch kein Wasserstoffgas. Die Reduction des Basalts durch Kohle zeigen Klaproth's Versuche; denn Basalt in einem Kohlentiegel dem Feuer des Porcellanofens ausgesetzt, war auf der äufsern Fläche mit Eisenkörnern bekleidet. Da dieser Versuch kein genügendes Resultat gab, so wurde noch folgender angestellt.

Augite wurden fein gepülvert und sehr stark geglüht, um, möglicher Weise vorhandene, organische Ueberreste und Kohlensäure zu zerstören und fortzutreiben. Dieses Pulver wurde mit gepülvertem Diamant gemengt und in einer vorher ausgeglühten kleinen Porcellan-Retorte bis zum hellen Glühen erhitzt, während der Hals derselben, an welchen eine verlän-

gerte Glasröhre gekittet war, in Kalkwasser tauchte. Die letzten Gasblasen, welche sich entwickelten, trübten sehr deutlich das Kalkwasser. Das Eisenoxydul im Augit war daher durch den Diamant reducirt worden, und Kohlensäure hatte sich gebildet. Das rückständige Augitpulver war nicht im mindesten zusammengesintert, welches zeigt, dafs die Reduction des Eisenoxyduls durch den Diamant ohne vorhergegangene Schmelzung von Statten gegangen war. Mit Bestimmtheit liefs sich nicht erkennen, ob die Magnetnadel reducirte Eisenstäubchen angezogen hatte. Als aber Wasser über dem Pulver gekocht worden, um die atmosphärische Luft aus demselben auszutreiben, und Salzsäure zugesetzt wurde, entwikkelten sich Gasbläschen, die zu wenig betrugen, um untersucht zu werden, welche jedoch nichts anderes, als Wasserstoffgas gewesen sein können.

Die vorstehenden Versuche zeigen, dafs weder das Vorkommen, noch die chemischen Eigenschaften des Diamanten auf irgend eine Weise zu Gunsten einer plutonischen Bildung sprechen. Darin möchten übrigens Geologen von allen Farben übereinstimmen, dafs er keine ursprüngliche Bildung sein könne. Die Ultraplutonisten dürften, wenn sie das einzige bis jetzt bekannte Muttergestein des Diamants, den Itacolumit, für ein metamorphosirtes secundäres Gestein halten, am wenigsten widersprchen. Zwischen ihnen und uns würde nur in so weit eine Verschiedenheit in den Ansichten stattfinden, als sie den Diamant aus organischen Ueberresten auf plutonischem, wir auf nassem Wege entstehen lassen. Dafs aber jener Weg eine Unmöglichkeit in sich schliefst, haben wir gesehen.

Ursprung des Kohlenstoffs überhaupt, und Entwicklung der Vegetation.

Die Geologen, welche der Erde einen feuerflüssigen Ursprung zutheilen, können keine andere Annahme zulassen, als dafs aller Kohlenstoff auf und in der Erde secundären Ursprungs ist, d. h. in der Schöpfungsperiode nicht vorhanden war; denn das Reductionsmittel der Eisenerze hätte nicht in Berührung mit Eisenoxyd und anderen Oxyden im feuerflüs-

sigen Zustande bleiben können, ohne zu Kohlensäure und Kohlenoxydgas geworden zu sein und die Oxyde reducirt zu haben.

Diesen Geologen bleibt für den Kohlenstoff keine andere Quelle übrig, als die Kohlensäure. Es kann nur in so weit eine Verschiedenheit der Ansichten gedacht werden, als die ultraplutonische Schule annimmt, die Kohlensäure sei an den Kalk gebunden gewesen und durch starken Druck habe dieses Carbonat der Zersetzung durch das Feuer widerstanden, während wir diese Kohlensäure der ursprünglichen Atmosphäre zugetheilt haben (S. 46).

Fragen wir, welche Vorstellungen haben die Neptunisten vom Ursprunge des Kohlenstoffs: so können wir in der Werner'schen Schule keine Antwort suchen; denn seit Werner ist die Geologie durch die Fackel der Chemie so erhellt worden, dafs dieser ausgezeichnete Mann, wenn er jetzt sein System, auf so viele chemische Erfahrungen gestützt, begründen könnte, ein ganz anderes, als das, fast ohne alle chemische Grundlage geschaffene, aufbauen würde. Als Repräsentanten der neueren neptunischen Schule ist Fuchs, der, als ausgezeichneter Chemiker, einen ganz anderen Standpunct, als seine neptunischen Vorgänger hat, zu betrachten.

Ueber den Ursprung des Kohlenstoffs spricht sich dieser Chemiker auf folgende Weise aus: „Der Kohlenstoff stammt wahrscheinlich von der Kohlensäure her und durch die Zersetzung derselben ist der Sauerstoff in die Atmosphäre gekommen; dieser scheint aber im Verhältnisse zu der im Erdkörper vorhandenen Kohlenmasse zu wenig. Zur Ausgleichung dieses Mifsverhältnisses ist wahrscheinlich ein Theil des, aus der Kohlensäure geschiedenen Sauerstoffs zu anderen Zwecken verwendet worden, namentlich zur Bildung des Gypses, welcher vermuthlich ursprünglich als unterschwefligsaurer Kalk vorhanden gewesen war und erst später durch Aufnahme von Sauerstoff in Gyps umgewandelt worden ist *),“

Da findet sich also ein geologisches Verhältnifs, in welchem Geologen von verschiedenen Farben fast völlig mit einander übereinstimmen. Fuchs kommt zu demselben Resul-

*) Neues Jahrb. für Mineralogie u. s. w. Jahrg. 1844. S. 726.

late wie wir (S. 35), dafs der Kohlenstoff, der aus dem Kohlensäuregas der Atmosphäre, welches gleiches Volumen mit dem jetzigen Sauerstoffgas hatte, hervorging, nicht ein Aequivalent für allen Kohlenstoff auf der Erde sein könne. Auch er sieht sich nach Oxydations-Processen um, wozu ein Theil des, aus der Kohlensäure geschiedenen Sauerstoffs verwendet worden ist. Die Verwendung, welche wir nachgewiesen haben, die Oxydation des Eisenoxyduls, ist ihm entgangen; er sucht sie in der Oxydation des unterschwefligsauren Kalks. Berzelius machte dagegen einige Einwendungen.

Ohne diese Einwendungen und die Replik von Fuchs zu berühren, bemerken wir, dafs der Gyps, dessen Bildung wir mit ihm auf nassem Wege annehmen (Bd. I. S. 541), einer viel späteren Periode, der sedimentären, angehört: einer Periode, wo die Zusammensetzung der Atmosphäre wahrscheinlich sehr nahe so, wie heut zu Tage war. Jeden Falls scheint ein Procefs, der grofsentheils die Zersetzung krystallinischer Gesteine bedingt, und von der Schöpfungs-Periode bis auf den heutigen Tag ununterbrochen von statten geht und so lange von statten gehen wird, als noch solche nicht völlig zersetzte Gesteine vorhanden sein werden, den Vorzug zu verdienen.

Die Grauwacken-Gruppe wird als das unterste Glied in der Reihenfolge der, Versteinerungen führenden Gebirgsarten betrachtet. Uebrigens ist die Masse der organischen Reste nur gering in Vergleich zu der Ausdehnung dieser Gruppe. Die tiefsten Abtheilungen derselben, Thonschiefer und Quarzfels, enthalten sparsame Versteinerungen. Das Grauwacken-Gebirge ist überall auf versteinerungsleere, geschichtete oder massige Gebirgsarten gelagert, oder es ist das Unterliegende gar nicht bekannt, wie diefs bei dem *Niederländisch-Westphälischen* Grauwacken-Gebirge, so weit unsere jetzige Kenntnifs reicht, der Fall ist *). Wenn indefs die unterliegenden geschichteten Gebirgsarten zwar keine Versteinerungen enthalten, aber durch ihre dunkelbläulich-graue oder gar schwarze Farbe einen Kohlengehalt anzeigen: so müssen wir, sofern aller Kohlenstoff von einer untergegangenen Vegetation abge-

*) De la Beche Handbuch der Geognosie von v. Dechen S. 505.

Bayerische Staatsbibliothek München

leitet werden soll, den Anfang der Vegetations-Periode noch vor der Bildung der Grauwacken-Gruppe setzen.

Auf die Grauwacken-Gruppe folgte eine sedimentäre Formation, die sich auszeichnet durch ihren grofsen Reichthum an vegetabilischen Ueberresten: es ist die Steinkohlen-Formation. In dieser Periode hatte sich eine ungemein üppige Vegetation entwickelt; denn diese mufste das Material zu den unermefslichen Steinkohlen-Lagern liefern. Der Kohlenstoff, der in krystallinischen Gesteinen nicht vorkommt, der in der Grauwacken-Gruppe nur sparsam verbreitet ist, trat in jener Periode in grofser Fülle auf.

Wenn die Frage, woher nehmen die Pflanzen den Kohlenstoff, nicht auf chemischem Wege zu beantworten wäre: so würde sie aus der einfachen Beobachtung zu beantworten sein, dafs Pflanzen auf einem Boden wachsen können, der durch Verwitterung krystallinischer Gesteine, welche gar keine organischen Ueberreste oder doch nur Spuren davon enthalten, entstanden ist.

Die Lavaströme des *Vesuv's* verwittern und geben einen sehr fruchtbaren Boden, auf welchem der kostbare Wein, die Lacrimae Christi, wächst. Daher wollten die Einwohner von *Torre del Greco*, nach der schrecklichen Katastrophe im Jahre 1794, ihre Stadt nicht nach einen anderen sicherern Platz verlegen; sie bauten vielmehr auf der noch rauchenden Lava. Das *Val Demone* am *Aetna*, auf alten Lavaströmen, gilt für eine der fruchtbarsten Gegenden der Erde. Dort trifft man die riesenmäfsigen Kastanienbäume, unter andern den Castagno di Cento Cavalli, welcher in fünf Theile gespalten ist, und dessen Krone 180 Fufs im Umfange hält. Auf der ganz vulkanischen Insel *Stromboli* wächst ein herrlicher Wein.

Unsere Granit-, Porphyr-, Basalt u. s. w. Gebirge tragen die üppigsten Wälder. In den vulkanischen Gegenden der *Rheinprovinz* zeichnen sich gerade die vielen Basalt-, Dolerit-, Trachyt- und Porphyr-Kegel durch eine besondere Fruchtbarkeit aus. Während das Thonschiefer-Gebirge, obgleich pflanzliche Ueberreste enthaltend, oft mit einer kümmerlichen Vegetation bedeckt ist, wuchern die Pflanzen üppig auf den benachbarten Basaltkegeln.

Im südlichen *Brasilien* bedecken Thone, welche aus

der Zersetzung des Gneifses und Leptynits hervorgegangen sind, in mächtigen Massen das Gestein. Man macht oft ganze Tagereisen, ohne einen vorstehenden Felsen zu finden. Diese Thone geben eine fruchtbare Erde und bilden den Boden der jungfräulichen Wälder, deren herrliche Vegetation von allen Reisenden gerühmt wird *).

Nicht vergessen dürfen wir, dafs man in Lava Spuren von Bergöl gefunden haben will **), dafs Knox***) in basaltischen Gesteinen bis zu 6 Proc. bituminöses Wasser nachgewiesen hat, dafs englische Chemiker in manchen Augiten, Feldspathen und Hornblenden einen Bitumen-Gehalt (bis zu $\frac{3}{4}$ Proc. bituminöses Wasser) entdeckt haben. Es ist unzweifelhaft, dafs dieses Bitumen durch Gewässer eingeführt worden ist; selbst aber wenn man es, im Widerspruche mit chemischen Gesetzen, für etwas ursprüngliches halten wollte: so könnte es doch unmöglich ausreichen, den auf solchem Gesteine wachsenden Pflanzen für eine lange Reihe von Jahren Kohlenstoff zu liefern.

Nimmt man mit Liebig †) an, dafs im Durchschnitte ein Quadratfufs Land jahrlich $\frac{1}{40}$ Pf. Kohlenstoff producirt: so müfste ein Quadratfufs eines auf der Oberfläche verwitterten Basalts, in 40 Jahren, 1 Pf. Kohlenstoff den Pflanzen liefern. Sollte während dieses Zeitraums die Verwitterung dieses Gesteins etwa bis zu einer Tiefe von $\frac{1}{4}$ Fufs fortschreiten: so würde diefs, da $\frac{1}{4}$ Kubikfufs Basalt ungefähr 50 Pf. wiegt, einen Kohlenstoff-Gehalt von nahe 2 Proc. in ihm voraussetzen: ein Gehalt, der unzweifelhaft bei weitem gröfser ist, als in irgend einem Basalt. Die Verwitterung dringt aber ganz gewifs nicht in einem so kurzen Zeitraume so tief ein; denn auf manchen Basaltbergen, auf denen unbezweifelt seit Jahrtausenden Pflanzen gewachsen sind, finden wir häufig kaum 1 Fufs tief das Gestein verwittert. Freilich wird durch die Gewässer von

*) Pissis in Compt. rend. 1843. No. 1.

**) Breislak Lehrb. d. Geol. Bd. III. S. 40.

***) Philos. Transact. of the R. Soc. 1823. p. 527. Ich selbst habe beim Glühen von Basalt Spuren eines brennbaren Gases wahrgenommen. Meine Wärmelehre S. 316. Anm.

†) A. a. O. S. 14.

steilen Abhängen ein grofser Theil der Erde immerfort herabgeführt.

Wenn auch in früheren Zeiten, ehe noch Menschen Basaltberge cultivirten und alljährlich die Boden-Erzeugnisse herabführten, ein grofser Theil des producirten Kohlenstoffs durch das Absterben der Pflanzen dem Boden wieder zugeführt wurde: so ist doch auch daraus die grofse Menge producirten Kohlenstoffs nicht zu erklären; denn dem Boden konnte nicht mehr zugeführt werden, als er hergegeben hatte.

Daher selbst dann, wenn das Bitumen im Basalte und in andern krystallinischen Gesteinen ein ursprünglicher Bestandtheil wäre, was gewifs nicht der Fall ist: so würde es doch lange nicht ausreichen, die Menge des auf ihnen producirten Kohlenstoffs zu erklären.

Sind die Basaltberge mit Wald bewachsen, so wird ihnen kein Dünger zugeführt, der Kohlenstoff liefern könnte. Gleichwohl wird der Boden nicht ärmer an Kohlenstoff, sondern er verbessert sich jährlich, und würde sich noch mehr verbessern, wenn nicht die Gewässer fortwährend fruchtbare Erde von den Abhängen herabführten. Da nun der aus verwitterten krystallinischen Gesteinen entstandene Boden es nicht ist, welcher den Pflanzen eine nur einigermaafsen merkliche Menge Kohlenstoff liefern kann: so bleibt keine andere Quelle, als die atmosphärische Kohlensäure übrig.

Zu diesem Schlusse ist man schon längst gekommen, nachdem Priestley, Sennebier, de Saussure u. A. gezeigt hatten, dafs das Blattgrün der Pflanzen die Fähigkeit besitzt, die Kohlensäure unter mitwirkendem Sonnenlichte zu zersetzen und sich den Kohlenstoff anzueignen. So leitete Adolph Brongniart *) das Material der Steinkohlen-Lager aus der Zersetzung der, in jener Periode in gröfserer Menge vorhanden gewesenen, atmosphärischen Kohlensäure ab. Zu derselben Ansicht wurde ich geführt **). Am meisten ist sie von Liebig verfolgt worden ***).

Wir kommen freilich in ein sonderbares Dilemma. Die

*) Poggend. Annal. Bd. XV. S. 408.

**) Wärmelehre 1837. S. 324.

***) Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur u. s. w. 1840.

Zersetzung der Kohlensäure setzt Pflanzen voraus und diese enthalten schon Kohlenstoff. Allein in allen unseren Forschungen, wenn wir sie auch noch so weit vorfolgen können, kommen wir endlich auf ein Glied, über das wir nicht hinaus können. Wie die ersten Pflanzen auf Erden gekommen sind, ist uns eben so unbekannt, wie der Uranfang aller Dinge. Aber auch nur eine Pflanze durfte erschienen sein, und es begann die Zersetzung der atmosphärischen Kohlensäure. Der Procefs war eingeleitet, er setzte sich fort und wird sich so lange fortsetzen, als die Bedingungen der Vegetation vorhanden bleiben.

Nichts ist mehr geeignet, uns einen Begriff von den langen Zeiträumen geologischer Perioden zu machen, als eine Berechnung des Zeitraums, welcher erforderlich war, um durch die Vegetation eine Quantität Kohlenstoff zu liefern, wie wir sie in manchen Steinkohlen-Lagern finden.

Nach einer von meinem Freunde von Dechen mit grofser Sorgfalt angestellten Berechnung, ist das Gewicht des zwischen der *Saar* und *Blies* gelegenen Theils der *Saarbrükker* Steinkohlen-Formation, so weit sie preufsisch ist, 90,8 Billionen Pfund, worin 72,6 Billionen Pfd. Kohlenstoff enthalten sind *).

Wir setzen voraus:

1) die Vegetation habe, der Quantität nach, in der Steinkohlen-Periode eben so viel betragen, wie heut zu Tage; es seien mithin auf gleichen Flächen damals, wie heute, gleiche Quantitäten Kohlenstoff aus der atmosphärischen Kohlensäure aufgenommen worden.

2) die Pflanzen, welche die Steinkohlen gebildet ha-

*) In einer von *Bettingen* nach *Tholey* gezogenen Linie kennt man 164 verschiedene über einander liegende Steinkohlen-Lager, welche zusammen eine Mächtigkeit von $338\frac{1}{2}$ Fufs besitzen. Diese Lager nehmen, nach obiger Abgrenzung, eine Fläche von 8,1 Quadrat-Meilen ein. Das Quantum von 72,6 Billionen Pfd. Kohlenstoff ist nahe $\frac{1}{42}$ des ganzen in der Atmosphäre enthaltenen Kohlenstoffs und jene Fläche ist $\frac{1}{1143272}$ der Erdoberfläche. Wir überlassen es unseren Lesern, darnach die Schätzungen der Menge des in unserer Erdkruste vorhandenen Kohlenstoffs, und namentlich die Schätzung Liebig's (S. 32) zu beurtheilen.

ben, seien auch auf demselben Flächenraume gewachsen, auf dem sich gegenwärtig ihre Reste finden. Die vortreffliche Erhaltung der Pflanzen-Abdrücke im Kohlengebirge bürgt dafür, dafs sich diese Voraussetzung wenigstens nicht weit von der Wahrheit entfernen kann.

3) die sämmtlichen Pflanzen, welche auf der Fläche des Steinkohlen-Gebirges gewachsen sind, seien ohne irgend einen Verlust, als den nothwendigen bei der chemischen Umwandlung aus frischer Pflanzensubstanz in Steinkohle, zur Bildung der Lager verwendet worden. Diese Voraussetzung ist, abgesehen von den Erscheinungen, welche die Urwälder darbieten, schon mit dem Vorkommen der Pflanzen-Abdrücke in den Steinkohlen-Formationen nicht in Uebereinstimmung; denn dieselben beweisen, dafs ein grofser Theil der Pflanzen nicht zur Steinkohlen-Bildung verwendet, sondern durch andere Einflüsse zerstört worden ist.

Unter diesen Voraussetzungen berechnet sich ein Zeitraum von 1004177 Jahren, welche erforderlich waren, durch die Vegetation der in Rede stehenden Steinkohlen-Formation das nöthige Material zu ihrer Bildung zu liefern.

Sollte aus den beiden ersten Voraussetzungen geschlossen werden, dafs die Zeiträume der Steinkohlen-Bildung überschätzt worden seien: so zeigt die dritte das Gegentheil. Beides könnte sich leicht ausgleichen.

Chevandier *), welcher die mittlere jährliche Production von zwei Buchen-Hochwäldern auf buntem Sandsteine, nach einem 63jährigen Durchschnitte, ermittelte, fand, dafs die Menge des auf einem Hectare producirten Kohlenstoffs 1800 Kilogramm beträgt. Daraus berechnete er, dafs die Vegetation unserer Wälder in 100 Jahren so viel Kohlenstoff liefert, um eine Schicht Steinkohle von 16 Millimeter = 7 par. Lin. auf der Oberfläche des Bodens zu erzeugen. Berechnet

*) Compt. rend. 1844. No. 3 und No. 5. Chevandier berechnete, dafs ein Wald, wenn er auf Kosten der auf ihm ruhenden Kohlensäure-Säule vegetiren soll, in 9 Jahren allen darin enthaltenen Kohlenstoff erschöpfen würde. Auch diefs zeigt, dafs der atmosphärische Kohlenstoff gegen den in der Erdkruste vorhandenen verschwindet.

man darnach den Zeitraum, der zur Bildung der *Saarbrücker* Steinkohlen-Formation erforderlich war: so finden sich 672788 Jahre; mithin $\frac{2}{3}$ von dem oben gefundenen Resultate.

Chevandier fand ferner, dafs die Menge des freien Wasserstoffs im Holze (unabhängig vom Wasser oder von seinen Elementen) 0,0144 von der des Kohlenstoffs beträgt. Wenn dieser Wasserstoff nur von Wasser herrührt, welches durch die Vegetation zersetzt wird: so findet sich, dafs sich die Menge des dadurch frei werdenden Sauerstoffs zu der, welche durch Zersetzung der Kohlensäure frei wird, verhält, wie 0,115 : 2,66. Hieraus würde sich ergeben, dafs die Menge des Sauerstoffs, welche ein Wald durch Zerlegung des Wassers der Atmosphäre zuführt, nahe $\frac{1}{23}$ von der beträgt, welche ihr durch Zerlegung der Kohlensäure zugeführt wird.

Man sieht, dafs ein nicht unbedeutender Theil des Sauerstoffs, der sich noch jetzt in der Atmosphäre findet und der zu Oxydations-Processen im Mineralreiche verwendet worden ist (S. 36), von zersetztem Wasserstoffe herrühren müsse.

Nichts kann uns mehr überzeugen, wie die Natur durch geringe Mittel Grofses erreichen kann, als die Zerlegung der atmosphärischen Kohlensäure durch die Pflanzen. Bedenkt man, dafs es die geringe Menge von $\frac{1}{2500}$ Kohlensäure in der Atmosphäre ist, wovon alljährlich ein kleiner Bruchtheil zersetzt, und dessen Abgang immer wieder durch andere Processe ersetzt wird, und dafs wiederum der Bruchtheil Kohlenstoff in dieser Kohlensäure es ist, welcher nach und nach unsere sedimentären Formationen mit Kohlenstoff-haltigen Substanzen getränkt hat: so kann uns nicht leicht irgend eine grofsartige Wirkung in der Natur in Erstaunen versetzen, wenn wir für sie gleichfalls nur einen, mit geringen Mitteln wirkenden Procefs finden.

Das Hauptresultat der Untersuchungen in diesem Kapitel ist, dafs aller Kohlenstoff, sowohl der im unorganischen, wie im organischen Reiche vorkommende, von zersetzter Kohlensäure herrührt.

Kap. III.

Der Stickstoff und seine Verbindungen.

Unter den wenigen einfachen Körpern, welche wir auf der Erde und in der Atmosphäre finden, ist der Stickstoff derjenige, von dem es ganz entschieden ist, dafs er zu den ursprünglichen gehört. Kein anderer Stoff kommt im isolirten Zustande in solcher Menge, wie er vor. Dem Volumen nach beträgt er 79 Proc. der atmosphärischen Luft und übersteigt das Gewicht des atmosphärischen Sauerstoffs um das $3\frac{1}{3}$fache. Sein Vorkommen in gröfster Menge im isolirten Zustande steht in Uebereinstimmung mit seinen, ihn vor allen anderen Stoffen auszeichnenden, geringsten Verwandtschaften zu anderen Stoffen.

Wenn wir die absolute Unentbehrlichkeit der übrigen Bestandtheile der Atmosphäre für den Haushalt der Natur leicht nachweisen können: so wird es schwer, die Bedeutung des in so überwiegender Menge vorkommenden Stickgases darzuthun.

Aus reinem Sauerstoffgase konnte die Atmosphäre nicht gebildet werden; denn in diesem Falle würden die Oxydationsprocesse mit solcher Heftigkeit von statten gehen, dafs die organische Natur zerstört werden würde. Die Thiere und Menschen fordern für ihren Athmungsprocefs eine bestimmte Menge Sauerstoffgas. Bei Ueberschreitung dieser Menge würde ihr Lebensprocefs zu rasch erfolgen, und ein frühzeitiger Tod würde die Folge davon sein. Der schwächste Verbrennungsprocefs würde in einer reinen Sauerstoff-Atmosphäre alsbald so um sich greifen, dafs alles Brennbare zum Verbrennen

käme. Die Gegenwart eines Gases in der Atmosphäre, welches zur Oxydation nichts beiträgt, vielmehr hindernd und beschränkend wirkt, ist daher eine Nothwendigkeit. Indem das Stickgas diesen Dienst leistet, zeigt es auch in dieser, wie in allen seinen Beziehungen, seinen negativen Charakter.

Sollte aber diefs der einzige Zweck sein, für welchen das Stickgas in so ungeheurer Menge, als Bestandtheil der Atmosphäre, geschaffen worden ist? —

Sehr nahe liegt es, das atmosphärische Stickgas für die Urquelle aller Stickstoffverbindungen auf Erden zu nehmen (S. 48). Wie und auf welche Weise diese Urquelle den organischen Substanzen ihren Stickstoff geliefert habe, diefs mit Evidenz zu zeigen, gehört zu den schwierigsten chemischen Problemen. Wir werden uns weiter unten bemühen, Beiträge zur Lösung dieses Problems zu liefern.

Von den Stickgas-Entwicklungen aus Quellen war schon an mehreren Stellen (Bd. I. S. 154 und 309) die Rede. Es wurde gezeigt (S. 342), dafs dieses Gas entweder von der Atmosphäre oder von der Zersetzung stickstoffhaltiger Ueberreste in den sedimentären Formationen herrührt *).

Alle Gewässer, welche mit der Atmosphäre in Berührung kommen, nehmen, nach Verhältnifs ihres ungleichen Vermögens, gasförmige Bestandtheile zu absorbiren, verschiedene Quantitäten davon auf. In allen Fällen absorbiren diese Gewässer vom Stickgase die geringste Menge. Da aber keine Verbindung dieses absorbirten Stickgases mit anderen

*) Auch diese einfachen Erscheinungen, die Entwicklung des Stickgases aus Quellen, haben Veranlassung gegeben, von naturgemäfsen Erklärungen sich zu entfernen und Zuflucht zu unbegründeten und verkehrten Hypothesen zu nehmen. Es ist merkwürdig, wie nicht selten Aerzte, und darunter Männer von grofser Bedeutung, zu solchen Hypothesen sich hinneigen. So lesen wir in v. Graefe's Gasquellen Süd-Italiens und Deutschlands, Berlin 1842. S. 184.: „In der That scheint kein Grund vorhanden zu sein, wefshalb die elementare Erzeugung des Stickgases in den betreffenden Fällen (in den Exhalationen aus Quellen) nicht wenigstens theilweise eben so gut, als die der übrigen gasigen und festen Quellenstoffe, durch die gesammte unterirdische Thermalbildung bedingt sein könne." —

Bestandtheilen der Gewässer, oder mit Stoffen, denen sie auf ihren unterirdischen Wegen begegnen, denkbar ist: so werden die Gewässer die ganze Menge des aufgenommenen Stickstoffs so lange in Absorption halten, als nicht Druck oder Temperatur sich ändern. Dagegen geht das von den Gewässern absorbirte Sauerstoffgas und Kohlensäuregas Verbindungen ein, wovon Bd. I. S. 342 und an verschiedenen anderen Orten die Rede war, und diese Gase verschwinden als solche.

Vermindert sich der Druck und erhöht sich die Temperatur der circulirenden Gewässer, so entwickelt sich das noch in Absorption gehaltene Stickgas aus solchen Gewässern. Ist noch nicht aller Sauerstoff verbraucht, so entwickelt sich auch von ihm mehr oder weniger; aber stets wird unter den angeführten Umständen das Stickgas in den Exhalationen in einem gröſseren Verhältnisse, wie das Sauerstoffgas, vorhanden sein.

Im zerklüfteten Gebirge kommen die Gewässer in vielfache Berührung mit der in Klüften und Höhlen enthaltenen atmosphärischen Luft, wodurch die Absorption befördert wird. Wirkt überdieſs ein starker hydrostatischer Druck, so absorbiren die Gewässer mehr Luft, als unter dem einfachen Atmosphären-Drucke. Zwichen der in einer Höhle eingeschlossenen, und unter dem Drucke einer Wassersäule stehenden Luft und der Atmosphäre kann zwar keine Communication gedacht werden; allein der unterirdische Wasserstand ändert sich nach den Jahreszeiten. Die in der nassen Jahreszeit mit Wasser erfüllten Klüfte und Höhlen entleeren sich theilweise in der trocknen, und die atmosphärische Luft bekommt dann wieder Zutritt zu den leeren Räumen. So findet durch den Wechsel zwischen den mit Wasser erfüllten und wieder davon entleerten unterirdischen Kanälen eine fortgesetzte Erneuerung der absorbirten Luft statt.

Steigen solche Gewässer als Quellen auf, so ist es eine nothwendige Folge, daſs, mit abnehmendem hydrostatischen Drucke, die in der Tiefe unter höherem Drucke absorbirten Gase sich losreiſsen, und in Blasen durch das Wasser aufsteigen.

Selbst aber wenn die unterirdisch circulirenden Gewässer in keine Berührung mit atmosphärischer Luft kommen: so entwickeln sich doch die absorbirten Gase, weil die Gewässer sich, je tiefer sie dringen, desto mehr, in Folge der Temperatur-Zunahme nach dem Innern, erwärmen und desto mehr ihr Absorptions-Vermögen verlieren. Tagewasser, welche mit der ganzen Menge der auf der Oberfläche absorbirten Gase in die Tiefe kommen, dort eine oft sehr bedeutende Temperaturerhöhung erleiden, und als heifse Quellen aufsteigen, werden also einen gröfseren oder geringeren Theil der absorbirten Gase wieder von sich geben.

Die Gas-Entwicklungen aus den süfsen Quellen, am westlichen Abhange des *Teutoburger Waldes*, bieten gute Gelegenheit dar, diese Verhältnisse genau zu studiren *).

Das Gas, welches aus den Quellen der *Lippe* aufsteigt (Bd. I. S. 154), kann sich nicht in Folge erhöhter Temperatur entwickeln; denn diese Quellen sind nur 7°,2 R. warm. Sie sind aber so überaus wasserreich, dafs sie unmittelbar nach ihrem Hervorkommen eine Mühle mit drei Mahlgängen treiben. Gegen diese Wassergiebigkeit verschwindet die geringe Menge Gas, welche sich aus ihnen entwickelt. Wenn daher diese Gewässer Gelegenheit haben, nur etwas mehr atmosphärische Luft, als unter den gewöhnlichen Umständen zu absorbiren: so reicht diefs zu der geringen Gasentwicklung hin, welche sich beim Hervorkommen dieser Quellen zeigt.

Erinnert man sich, dafs diese Quellen von versinkenden Flüssen herrühren (Bd. I. S. 13), so ist leicht zu begreifen, wie das Hinabstürzen der Gewässer durch Spalten und Klüfte, wodurch eine, wenn auch nur momentane, Pressung der darin enthaltenen Luft erfolgt, eine etwas gröfsere Absorption herbeigeführt wird.

Die Gasexhalationen aus den übrigen, bei weitem weniger wasserreichen Quellen in *Lippspring* mögen gröfsern Theils von ihrer höheren Temperatur (9°,2, 10°1 bis 16°,6) herrühren.

*) Bischof, über die merkwürdigen Quellenverhältnisse des westlichen Abhanges des Teutoburger Waldes. Neue Jahrb. d. Chemie und Physik. 1833. Bd. VIII. S. 257 ff.

Die Abhängigkeit dieser Gasentwicklungen von der Wärme des Wassers zeigt sich besonders bei den zahlreichen Quellen in *Paderborn*. Aus den kalten Quellen entwickelt sich wenig oder gar kein Gas; mit der Temperatur nehmen aber die Gasentwicklungen zu, und aus den wärmsten (10°,8 bis 12°,96) steigen fast ununterbrochen Gasblasen auf. Als ich in einer dieser letzteren Quellen den Grund der mehrere Fufs tiefen Quelle aufrührte, stieg eine sehr grofse Menge Gasblasen auf. Eine dieser Gasexhalationen bestand aus 87 Proc. Stickgas und 13 Proc. Sauerstoffgas.

Mehrere Beispiele von Stickgasexhalationen aus anderen Quellen stellte v. Graefe*) zusammen. Die warmen Schwefelquellen entwickeln, wie schon angeführt wurde, (Bd. I. S. 309) besonders häufig Stickgas ohne Sauerstoffgas, welches zum Theil davon herrührt, dafs letzteres neben Schwefelwasserstoff nicht bestehen kann.

Das Stickgas rührt aber keineswegs in allen Fällen von atmosphärischer Luft her. Bei der Fäulnifs stickstoffhaltiger Substanzen unter Wasser entwickelt sich stets Stickgas. So ist das Stickgas eine der wichtigsten Ursachen der tödtlichen Wirkungen der *Pariser* Kloaken. Auf diese Stickgas-Entwicklungen kommen wir unten zurück.

Denselben Ursprung hat ohne Zweifel das Stickgas, welches sich aus warmen Quellen entwickelt, die Baregin, eine stickstoffhaltige organische Substanz, enthalten. Vielleicht dafs die Bildung dieser Substanz mit einer Ausscheidung von Stickgas verknüpft ist **). Auch der bekannte Geruch und Geschmack nach dünner Fleischbrühe, den viele Thermen zeigen, deutet auf die Gegenwart stickstoffhaltiger Substanzen.

Unter den Gasen, welche sich bei vulkanischen Eruptionen entwickeln, findet sich gleichfalls Stickgas, obgleich die

*) A. a. O.

**) Monheim (Heilquellen Aachen's S. 248) schlägt das in *Aachen's* warmen Quellen sich bildende Baregin täglich auf 10 Centner an, v. Graefe (a. a. O. S. 210) hält die Bildung desselben in den *Euganäischen* Thermen für noch beträchtlicher. Solche Quantitäten stickstoffhaltiger Substanzen können daher zu einer reichlichen Stickgasentwicklung Anlafs geben.

deſshalb angestellten Untersuchungen uns noch nicht vollständig aufgeklärt haben *).

Daſs sich unter den Gasexhalationen bei vulkanischen Eruptionen gewiſs Stickgas findet, ist nicht zu bezweifeln. Auch dieses Gas rührt entweder von der Atmosphäre, oder von zersetzten stickstoffhaltigen Substanzen her. Die Gewässer, welche in den Heerd der Vulkane treten, halten, sie mögen Regen-, Quell- oder Meerwasser sein, atmosphärische Luft in Absorption. Indem sie dort als Wasserdampf exhalirt werden, kommen die absorbirten Gase zur Entwicklung. Das Sauerstoffgas mag zum Theil zur Oxydation brennbarer Stoffe, wie Schwefel, verwendet werden, das Stickgas entwickelt sich. Enthalten die in den Heerd der Vulkane dringenden Gewässer noch überdieſs stickstoffhaltige Substanzen, wie z. B. das Meerwasser, organische Ueberreste: so liefern letztere, nach ihrer Zersetzung durch das vulkanische Feuer, die Producte der trocknen Destillation, und unter denselben Stickgas. Der Geruch nach Fleischbrühe, welchen die aus Spalten des *Vesuv's* aufgefangenen Dämpfe zeigen sollen **), dürfte die Gegenwart von unzersetzten stickstoffhaltigen Substanzen anzeigen. Vulkane, deren Krater in sedimentären Formationen sich befinden, wie der des *Vesuv's*, haben übrigens auch Gelegenheit, Stickgasexhalationen auf Kosten der darin enthaltenen organischen Ueberreste zu liefern.

Keine einzige Erscheinung berechtigt uns, unbekannte Stickstoffverbindungen, oder gar freies Stickgas im Innern der Erde anzunehmen. Alle Stickgasentwicklungen lassen sich vom atmosphärischen Stickstoffe oder von stickstoffhaltigen organischen Ueberresten ableiten.

Der Stickstoff, der wesentliche Bestandtheil organischer Substanzen, fehlt dem krystallinischen Gesteine gänzlich; denn nur in organischen Ueberresten findet er sich, und zwar vorzugsweise in sedimentären Formationen. Krystallinische Gesteine halten solche Ueberreste bloſs dann, wenn sie, in Wasser gelöst, in dieselben eingeführt wurden (S. 99). Da die Stickstoff-

*) Meine vulkanischen Mineralquellen, Bonn 1826. S. 286.

**) v. Graefe a. a. O. 204.

Verbindungen durch Hitze zersetzt werden *): so ist ihre Existenz in krystallinischen Gesteinen eine Unmöglichkeit, sofern letztere Bildungen auf feuerflüssigem Wege sind (S. 48). Um so weniger hätten sie in der feuerflüssigen Erde bestehen können, wenn gleichzeitig Kohlenstoff oder irgend eine Kohlenstoffverbindung, aufser Kohlensäure, ein Bestandtheil der Erde gewesen wäre. Selbst also wenn zu Anfang aller Dinge Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen neben Oxyden bestanden hätten: so würde sich doch alles so gestaltet haben, wie es wirklich ist: der Kohlenstoff würde als Kohlensäure, der Stickstoff als Stickgas in die Atmosphäre übergetreten sein.

Unter allen Verbindungen, die der Stickstoff mit anderen unzerlegbaren Stoffen eingeht, ist es nur allein die mit Sauerstoff zu Salpetersäure, welche unter gewissen Umständen auf directem Wege entstehen kann.

Durch starken Druck wird diese Verbindung nicht gebildet. Man hat Stickgas und Sauerstoffgas in einer mit wässerigem Kali und mit Quecksilber gesperrten Röhre 1620 F. tief in das Meer gesenkt, wo das Gemeng einem Drucke von 50 Atmosphären ausgesetzt war, und doch erfolgte keine Verbindung **). Auch in erhöhter Temperatur findet sie nur dann statt, wenn ein Gemeng aus Wasserstoffgas und wenig Stickgas mit Sauerstoffgas verbrennt. Ohne Mitwirkung einer andern Substanz, verbindet sich der Stickstoff mit dem Sauerstoffe, wenn durch ein Gemeng beider Gase eine grofse Zahl elektrischer Funken schlägt. Diefs ist der einzige denkbare Procefs, wodurch in der Natur Salpetersäure auf directem Wege entstehen kann.

Wirklich findet man auch nach Gewittern häufig eine geringe Menge Salpetersäure (S. 48), im Regenwasser: ein Beweis, dafs die Bildung dieser Säure aus den Bestandtheilen der atmosphärischen Luft durch elektrische Entladungen erfolgt. Ducros ***) beschreibt einen Hagel, welcher einen

*) Blofs die Verbindungen des Kohlenstickstoffs oder Cyans mit einigen Metallen können Glühehitze aushalten, ohne zersetzt zu werden.

**) Laroche in Schweigger's Journal. Bd. I. S. 123. u. 172.

***) Journ. de Pharm. et de Chimie. Bd. VI. S. 273.

pikanten Geschmack hatte, und in dem er sowohl freie Salpetersäure als salpetersaures Kali in geringer Menge fand.

Andere Processe, wodurch in den Laboratorien Salpetersäure aus ihren Bestandtheilen producirt wird, sind in der Natur nicht denkbar, oder es dienen dazu Stickstoff-Verbindungen, deren Existenz in ihr noch weniger voraus zu setzen ist.

Die Salpeter-Bildung auf sedimentärem Gesteine (Kalkstein, Mergel, Sandstein) und im Alluvium setzt die Gegenwart Stickstoff-haltiger organischer Ueberreste voraus. Wärme befördert die Fäulnifs und Verwesung derselben; mithin auch die Salpeter-Bildung. Defshalb finden wir salpetersaure Salze vorzugsweise in südlichen Ländern (*Frankreich*, *Spanien*, *Italien*, in sehr reicher Menge in *Ostindien*, *Persien*, *China*, *Aegypten*, *America* u. s. w.) (Bd. I. S. 841).

Nach John Davy *) findet sich der Salpeter auf *Ceylon* in Höhlen eines feuchten und porösen Gesteins, welches aus kohlensaurem Kalke (26,5 Proc.) und Feldspath (60,7 Proc.) dessen Kali die Basis des Salpeters liefert, bestehen soll. Er fand in diesem Gesteine 2,4 Proc. salpetersaures Kali und 0,7 Procent salpetersaure Magnesia; aber keine thierische Materie.

Er glaubt, dafs die Bildung der Salpetersäure in diesem Gesteine vorzugsweise auf Kosten des atmosphärischen Stickstoffs und Sauerstoffs erfolge. Der Mangel an thierischer Substanz in dem untersuchten Gesteine kann dazu nicht berechtigen, da es, wahrscheinlich von der Oberfläche abstammend, dieselbe durch Oxydation zu Salpetersäure bereits eingebüfst hatte. Auch der Umstand, dafs sich der Salpeter nur auf der Oberfläche des Gesteins findet, kann nichts dafür beweisen; denn der im Innern auf Kosten der eingeschlossenen Ueberreste gebildete Salpeter wird, wenn das Gestein auf der Oberfläche in Berührung mit der Luft austrocknet, durch Capillarität als wässrige Flüssigkeit herausgeführt und bleibt, nach Verdunstung des Wassers, auf dem Gesteine zurück. Es ist eine Efflorescenz, wie man sie so häufig an den Wänden poröser Gesteine findet, z. B. am Trasse, wo sich das efflorescirte

*) Annal. de chim. et de phys. T. XXV. p. 209.

Salz immer wieder auf der Oberfläche ansetzt, wenn es auch noch so oft weggenommen wird.

In dem Gesteine der Höhle von *Ouva* fand J. Davy 26,7 Proc. thierische Materie, 3,3 Proc. salpetersaures Kali und 3,5 Proc. salpetersauren Kalk, und in dem Salpeter-bildenden Gesteine aus *Bengalen* nur eine Spur vegetabilischer Substanz, aber 8,3 Proc. salpetersaures Kali und 3,7 Proc. salpetersauren Kalk. In diesem letzteren Gesteine ist die thierische Materie ohne Zweifel gleichfalls gröſstentheils zur Salpeter-Bildung verbraucht worden.

Liebig *) ist übrigens der Meinung, daſs durch das in der Atmosphäre vorhandene Ammoniak salpetersaure Salze in Stoffen sich bilden können, die keine stickstoffhaltigen Substanzen enthalten, da die meisten porösen Körper Ammoniak in Menge verdichten.

Schönbein **) glaubt annehmen zu können, daſs bei der Verwesung stickstoffhaltiger organischer Substanzen Ozon auftrete, und daſs dieses Agens es sei, welches zunächst den Stickstoff derselben in Salpetersäure umwandle. Wie aber Salpetersäure entsteht bei langsamer Verbrennung des Phosphors in der Luft: so könnte es geschehen, daſs auch bei langsamen Oxydationen stickstofffreier organischer Substanzen in atmosphärischer Luft Ozon und somit auch Salpetersäure oder Nitrate sich bildeten.

Je nachdem das Gestein, in welchem der Verwesungs-Proceſs organischer Ueberreste von statten geht, Kali oder Natron enthält, wird sich Kali- oder Natron-Salpeter bilden. So findet sich letzterer, wie schon früher (Bd. I. S. 853) bemerkt wurde, in groſser Menge in *Peru*; gleichfalls in *Chili* bei *Iquique* ***).

Bei näherer chemischer Prüfung wird man gewiſs geringe Mengen Natronsalpeter dem Kalisalpeter und umgekehrt

*) A. a. O. S. 263.

**) Poggend. Annal. Bd. LXVII. S. 216.

***) Darwin's naturwissensch. Reisen, deutsch von Dieffenbach Th. II. S. 136. Der Reichthum an salpetersaurem Natron ist hier so groſs, daſs in einem Jahre für 100000 Pfd. Sterling nach *Frankreich* und *England* ausgeführt wurde.

beigemengt finden, da Kali und Natron so häufig in Gesellschaft mit einander in Gesteinen vorkommen. Kuhlmann *) fand in jeder Kreide etwas kohlensaures Kali und kohlensaures Natron. Wo Alkalien fehlen, bildet sich Kalksalpeter, den man auch als Efflorescenz in manchen Gegenden *Afrika's*, *Spanien's* u. s. w. an Mauern und in Kalkhöhlen findet.

Wie die Salpetersäure, so ist auch das Ammoniak ein Product der Zersetzung organischer Ueberreste; mit dem Unterschiede, dafs letzteres nicht blofs durch Fäulnifs und Verwesung, sondern auch durch Glühehitze aus diesen Ueberresten producirt wird. Bei Fäulnifsprocessen scheint die Bildung des Ammoniaks der der Salpetersäure voraus zu gehen.

Eine directe Vereinigung des Stickstoffs mit Wasserstoff hat man bisher nicht zu Stande bringen können. Auch diese Gase hat man in 1620 Fufs Meerestiefe einem 50fachen Atmosphären-Drucke ausgesetzt, ohne dafs eine Verbindung beider erfolgt ist.

Liebig **) wies die Gegenwart des Ammoniaks in der atmosphärischen Luft nach, und Graeger ***) bestimmte seine Menge. Letzterer fand in 36 Cubikfufs Luft 0,4575 Milligramm Ammoniak. Bei wiederholten Versuchen vor und nach Regenwetter erhielt er stets nahe dasselbe Resultat. Liebig und Boussingault †) nehmen an, dieses Ammoniak sei schon vor der Erscheinung des organischen Reiches in der Atmosphäre vorhanden gewesen. Die Bildung von Salpetersäure und Ammoniak nach elektrischen Entladungen in der Luft führt letzterer zur Rechtfertigung dieser Ansicht an ††).

*) Annal. d. Pharm. Bd. XXIX.

**) A. a. O. S. 56.

***) Archiv der Pharm. Bd. XLIV. S. 35. Nach A. Chevalier (Journ. für pract. Chem. Bd. III. S. 211) finden sich in der Luft von *Paris* organische Substanzen aufgelöst, und wo thierische Substanzen faulen, auch hydrothionsaures Ammoniak. Desgleichen enthält das Thauwasser Ammoniak und organische Substanzen. Vergl. Iulia de Fontenelle ebend. S. 210.

†) Die Landwirthschaft, deutsch bearb. von Graeger Bd. II. S. 461.

††) Boussingault schrieb früherhin den ununterbrochenen elektrischen Entladungen unter dem Aequator, mitten in einer mit

Durch den Regen wird das salpetersaure Ammoniak dem Boden zugeführt, dessen kohlensaurer Kalk es in kohlensaures Ammoniak zersetzt, welches sich verflüchtigt.

Die Gegenwart des Ammoniaks in Eisenerzen und in Eisenoxydhydrat, welches sich durch Rosten des Eisens an der Luft bildet, dasjenige, welches, nach Faraday's Versuchen, beim Glühen von Kalihydrat mit stickstofffreien Substanzen erhalten wird, leitet Liebig *) stets vom Ammoniakgehalte der atmosphärischen Luft ab. Er kommt zu dem Schlusse, dafs der Stickstoff der Luft nicht in Ammoniak verwandelt werden könne.

Was die Bildung des Ammoniaks beim Rosten des Eisens betrifft, so ist zu bemerken, dafs diese Oxydation, wenigstens theilweise, auf Kosten des Wassers erfolgt; denn Eisenfeile, unter Wasser liegend, entwickelt, nach Versuchen meines Sohns, Wasserstoffgas. Bei einer so langsamen Entwicklung dieses Gases könnte wohl eine Verbindung mit dem atmosphärischen Stickgase erfolgen **).

Liebig bezieht sich auf verschiedene Erscheinungen in der unorganischen Chemie, wonach sich der Stickstoff stickstoffhaltiger Verbindungen, wenn sich ihm im Momente seiner Abscheidung Wasserstoff darbietet, mit demselben zu Ammoniak vereinigt. Der Stickstoff eines organischen Körpers, oder der Kohle desselben, stammt aber, nach ihm, stets vom Ammoniak ab, welches die Pflanze aus der Atmosphäre erhielt. Mulder ***) bemerkt dagegen, dafs die von Liebig bezeichnete Quelle für den Stickstoff-Gehalt der Pflanzen auf

Feuchtigkeit geschwängerten Luft, das Entstehen des gröfsten Theils der Salpetersäure in den salpetersauren Salzen auf der Erdoberfläche zu. In der Gegend von *Riobamba* sollen sich letztere vorzugsweise an Orten bilden, wo die Gewitter häufig sind (Journ. für pract. Chemie. Bd. III. S. 160. Anm.).

*) A. a. O. S. 282 ff.

**) Eine sonderbare Bildung des Ammoniaks bei der Bereitung des Mineralkermes beobachtete Leroy (Journ. für pract. Chemie. Bd. III. S. 108.)

***) Bulletin des Sc. ph. et nat. en Neerlande 1840., und Berzelius Jahresb. Jahrg. XXIV. S. 561 ff.

ungedüngtem Boden eine reine Verrechnung sei. Er zeigt, dafs verschiedene nicht stickstoffhaltige organische Körper, wenn sie im feuchten Zustande in einem verschlossenen Gefäfse (wo also das atmosphärische Ammoniak keinen Antheil haben kann) mit der Luft einige Zeit in Berührung gelassen werden, Sauerstoff absorbiren und Ammoniak hervorbringen. Diese Ammoniak-Bildung kann nicht anders gedacht werden, als dafs der Stickstoff der Luft sich mit dem Wasserstoffe der organischen Körper verbindet.

Der Ammoniakgehalt der Wasserdämpfe in den Suffioni *Toscana's* (Bd. I. S. 667 u. 676) soll, nach Liebig *), nicht von thierischen Organismen abstammen, sondern vor allen lebenden Generationen vorhanden gewesen, mithin ein Bestandtheil des Erdkörpers sein. Die Prämissen dieses Schlusses sind, dafs, der Temperatur jener Wasserdämpfe nach, sie aus Tiefen kommen, wo menschliche Wesen, wo Thiere nie gelebt haben können.

Es würde, um das Irrige dieses Schlusses darzuthun, hinreichen, das anzuführen, was der verstorbene Hoffmann **) über diese Suffioni sagt: „Es ist anziehend zu sehen, dafs die Borsäure in den Entwicklungen warmer Dämpfe mitten im Flötzgebirge wiederkehrt, welche an einigen Orten nahe der Küste von *Toscana* vorkommen.“ Wir fügen aber hinzu, dafs in einer sedimentären Bildung mit Bestimmtheit auf organische Ueberreste zu schliefsen ist. Haben auch nicht in jenen Tiefen menschliche Wesen und Thiere gelebt: so haben doch letztere in dem Gesteine, als es sich aus Gewässern abgesetzt hat, ihr Grab gefunden.

Die starke Neigung der Kalkstein-Schichten (Bd. I. S. 679) gestattet die Annahme, dafs dieselben, wenn sie auch an sich keine bedeutende Mächtigkeit haben sollten, sich doch bis zu grofsen Tiefen hinabziehen werden: bis zu Tiefen, wo Siedhitze herrschen kann, und die wir approximativ auf 8000 Fufs berechnet haben (Bd. I. S. 677). Selbst aber wenn der Sitz der Dampfentwicklung im krystallinischen Gebirge, unter den Kalk-

*) A. a. O. S. 102.

**) Karsten's und v. Dechen's Archiv. Bd. XIII. S. 19 ff.

schichten wäre: so können die Gewässer doch nur von der Erdoberfläche oder vom Meere abstammen, und in beiden Fällen führen sie die organischen Ueberreste mit sich.

Es ist endlich noch zu bemerken, dafs sich Liebig *) selbst auf Marcet's Versuch bezieht, wonach der trockne Salzrückstand vom Meerwasser durch Glühen einen Sublimat von Salmiak liefert.

Auch in andern heifsen Gewässern sind, wie das Baregin in den heifsen Schwefelquellen zeigt, Materialien zur Ammoniak-Bildung vorhanden. Welche Quantitäten dieser Stickstoff-haltigen Substanz durch solche Quellen zu Tage gefördert werden, zeigen *Aachen's* und die *Euganeischen Thermen* (S. 108). Es ist nicht wahrscheinlich, dafs diese Substanz die Tagewasser, während ihres Filtrirens durch die Dammerde, aufnehmen; denn sonst müfsten wir sie auch in kalten Quellen in eben solcher Menge finden. Viel wahrscheinlicher ist es, dafs die bis zu grofser Tiefe dringenden und dort in heifsen Regionen erhitzten Gewässer sedimentäre, mit organischen Ueberresten beladene Gesteine auslaugen. Berücksichtigt man indefs, dafs Schwefelquellen durch gegenseitige Zersetzung schwefelsaurer Salze und organischer Substanzen entstehen: so ist es höchst wahrscheinlich, dafs das Baregin ein solches Zersetzungsproduct ist. Dem gemäfs würde es als solches keineswegs in sedimentären Gesteinen enthalten sein.

Würdigt man diese Thatsachen, so dürfte es schwerlich Jemand einfallen, die Wasserdämpfe der Suffioni etwa von einem Urwasser abzuleiten, welches nie mit lebenden Generationen in Berührung gekommen wäre. — Ueberdiefs spricht Payen ausdrücklich von organischen Substanzen, von einem odeur de marée in den condensirbaren Producten der Dämpfe (Bd. I. S. 669).

Ebenso fand A. Vogel **), dafs aus dem Kochsalze von *Friedrichshall*, *Rosenheim*, *Kissingen*, *Oeb* und *Dürkheim*, so wie aus dem Steinsalze von *Hall* in *Tyrol* bei trockner

*) A. a. O. S. 104.

**) Journ. für pract. Chemie. Bd. II. S. 290.

Destillation Salmiak sublimirt, und Heine *) wies auch in den Mutterlaugen der *Halle'*schen Soolen Salmiak nach. In der Tiefe, aus welcher die Suffioni kommen, dürfte daher nur ein Steinsalzlager vorhanden sein, welches gleichfalls Salmiak enthielte: so könnte auch davon der Ammoniakgehalt dieser Dämpfe abgeleitet werden. Da die Gase der Suffioni Schwefelsäure enthalten (Bd. I. S. 667), so kann in ihnen kein Salmiak gegenwärtig sein, sondern blofs schwefelsaures Ammoniak, welches man auch in den grofsen Fabriken zu *Liverpool*, wo die Borsäure der Suffioni verarbeitet wird, als Nebenproduct gewinnt.

Selbst wenn Wasserdämpfe aus einer krystallinischen Gebirgsart ausströmten und Ammoniak enthielten: so könnte man daraus keineswegs auf eine primitive Bildung schliefsen. Es wurde schon bemerkt (S. 99), dafs die zur sogenannten Trapp-Formation gehörenden Gesteine Bitumen in bedeutenden Verhältnissen enthalten, und dafs man selbst in Laven Spuren von Bergöl gefunden hat. Braconnot **), welcher neuerdings verschiedene krystallinische Gesteine der trocknen Destillation unterwarf, erhielt bisweilen eine Säure und sehr oft ammoniakalisches Wasser mit einer geringen Menge einer brennbaren Substanz. Im englischen Journale wird dem Schlusse Braconnots, dafs diese Gesteine defshalb in einem Wasser gebildet worden sein müfsten, in welchem Thiere lebten, die richtige Bemerkung entgegengesetzt, dafs diese organischen Substanzen von nichts anderem herrühren, als von Tagewassern, welche sie aus der Dammerde extrahirten und nicht blofs durch Spalten und Klüfte der krystallinischen Gesteine, sondern in deren Masse selbst führten und darin absetzten. So tief Gewässer in das Gebirgsgestein dringen, so tief setzen sie auch diese organischen Substanzen ab.

In der That, wenn wir ein recht schlagendes Beispiel einer Bildung des Ammoniaks aus organischen Ueberresten anführen wollten: so wüfsten wir kein passenderes, als die Suffioni in *Toscana* zu wählen ***).

*) Karsten's und v. Dechen's Archiv. Bd. XIX. S. 25.

**) Edinb. new philos. Journ. 1841. April to July p. 122.

***) Wie sich falsche Ansichten durch Autorität verbreiten, zeigt un-

Vorhin wurde schon des Ammoniaks in Eisenerzen gedacht. Sowohl das in sedimentären, wie in krystallinischen Gebirgsarten vorkommende Eisenoxyd soll Spuren von Ammoniak enthalten. Nichts ist leichter, als diefs zu erklären; denn alle Rotheisensteine , Brauneisen - und Spatheisensteine, sie mögen in Gängen oder Lagern vorkommen, sind Absätze aus Gewässern. Haben sich diese Absätze zu einer Zeit gebildet, wo das organische Reich schon existirt hatte: so ist der Ursprung des Ammoniaks leicht zu begreifen. Es stammt von organischen Substanzen ab, welche in den Gewässern enthalten waren, aus denen sich jene Eisenerze abgesetzt haben. Es kann sogar nicht befremden, wenn das Eisenoxydhydrat, welches wir in einem krystallinischen Gesteine, etwa im Basalte finden, Ammoniak enthält; denn es ist durch Zersetzung des Augits, Olivins oder Magneteisens durch eingedrungene Gewässer entstanden, welche einen Theil ihrer, in Auflösung gehaltenen organischen Substanzen abgesetzt haben.

Selbst aber wenn in dem Eisenglanze, der im Krater des *Vesuv's* sich findet, Ammoniak nachgewiesen werden sollte, so würde auch dieses nicht für eine ursprüngliche Bildung zu halten sein. Unter den Auswürflingen dieses Vulkans findet sich Salmiak. Der Ausbruch im Jahr 1794 lieferte ihn in in solcher Menge, dafs die Bauern ihn centnerweise sammelten und verkauften. Damit ist die Gegenwart des Ammoniaks im *Vesuv* unbestreitbar nachgewiesen; es könnte daher nicht befremden, wenn wir in diesem Vulkan Ammoniak in Verbindung mit Eisenoxyd fänden.

Leicht möchte man das Vorkommen des Salmiaks unter

ter andern eine Stelle in Jameson's philosophical Journal, January to April 1841. P. 361. „Professor Liebig has also pointed out, that ammonia is a constant accompaniment of the boracic acid disengaged by volcanic action from the lagoons in Tuscany, and it is satisfactory to me (Charles Daubeny) to find that distinguished chemist confirming, by his authority, the view which I had long ago hild and maintained, namely, that the ammonia in these cases cannot by possibility be derived from the decomposition of organic matter, since no beings could live at such a temperature as that indicated by the steam which holds it in solution.“

den Auswürflingen des *Vesuv's* als einen Beweis anführen, dafs Ammoniak wirklich eine primäre Bildung, oder wenigstens eine solche sein könne, die nicht immer die Gegenwart organischer Ueberreste fordert. Da indefs der Krater dieses Vulkans sich im Apeninnen-Kalke befindet, so liegt es sehr nahe, den Ursprung der Ammoniak-Verbindung aus organischen Ueberresten in dieser sedimentären Bildung zu suchen. Sollten auch die Kraterwände, während der langen Thätigkeit des *Vesuv's*, so mit Lava und anderen vulkanischen Producten überzogen sein, dafs eine Erhitzung der organischen Ueberreste im verhüllten Kalksteine nicht mehr zu denken wäre: so ist nicht zu übersehen, dafs durch gewaltsame vulkanische Eruptionen, durch Bildung neuer Spalten, durch eine locale Veränderung des Kraters grofse Massen Kalkstein in den Heerd des Vulkans hinabstürzen können, deren organische Ueberreste neues Material liefern. Unter den Auswürflingen finden sich auch häufig Kalksteine mit Lava zusammengebacken.

Selbst wenn der Krater und die Kanäle eines Vulkans nicht durch sedimentäre, sondern durch krystallinische Gesteine gehen, aber eine Communication mit dem Meere stattfindet, so dafs die Dampfentwicklungen des Vulkans vom Meerwasser herrühren: so bieten die organischen Ueberreste des letzteren hinlängliches Material zur Bildung von Salmiak (S. 32). Bei allen in der Nähe des Meeres gelegenen Vulkanen zeigt sich also eine nahe liegende Quelle dieses Salzes. So scheint er, nach Breislak, in den Dämpfen der Solfatara von *Puzzuoli* immer vorhanden zu sein. Ebenso kennt man ihn, meist mit Schwefel gemengt, auf *Vulcano*. Am *Aetna* soll er, nach Ferrara *), zuweilen in so ansehnlicher Menge gefunden worden sein, dafs man einen ganz einträglichen Handel damit getrieben hat. Auch auf den Laven von *Lancerote*, von der Eruption von 1824, zeigte er sich. Im mittlern Theile des Lavastroms vom Ausbruche des *Hekla*, im September 1845, wo noch in der Mitte Juli's des folgenden Jahres zahlreiche Fumarolen sich zeigten, fand sich Salmiak theils in schönen durchsichtigen Krystallen, theils in grofsen faserigen Massen,

*) Ferrara Campi flegr. p. 286.

und in solchen Quantitäten, dafs man ihn zum Gegenstande einer technischen Gewinnung machen könnte *).

In unermefslicher Menge wird er von den Salmiak-Vulkanen in *Centralasien* vom *Ho-t-scheou* oder Vulkan von *Turfan* und vom *Pe-Schan*, oder Vulkan von *Kutsché* ausgeworfen. Der Salmiak wird gesammelt und als Handelsartikel durch ganz *Asien* verbreitet. Die Einwohner der Provinz *Kutsché* zahlen noch jetzt ihren Tribut dem Kaiser von *China* in diesem Salze. Aufserdem findet man Salmiakdämpfe zwischen *Samarkand* und *Farghara* u. s. w.

Die geognostischen Verhältnisse dieser Vulkane sind nicht bekannt. Man weifs nicht, ob ihre Krater, wie der des *Vesuv's*, sedimentäre Gebilde durchbrochen haben.

Was wir von diesen Vulkanen wissen, hat Alex. von Humboldt aus verschiedenen Itinerarien gesammelt **). Die Entfernung des *Peschan* von irgend einem grofsen Meere ist zwischen 300 und 400 geogr. Meilen; 45 ***) Meilen davon entfernt liegt aber der See *Temurtu* oder *Issikul*, welcher 17 bis 18 Meilen lang und 6 bis 7 breit ist, und dessen *chinesische*, *kirgisische* und *kalmückische* Benennungen warmes, salziges und eisenhaltiges Wasser andeuten. Aus dem *Hotscheu*

*) Descloizeaux und Bunsen in Compt. rend. T. XXIII. No. 17. 1846. — A. Vogel (Journ. für pract. Chemie. Bd. II. S. 290) glaubt, dafs der Salmiak in den, von noch thätigen oder bereits erloschenen Vulkanen sehr entfernt vorkommenden Fossilien nicht enthalten sei. Er fand ihn in reinem vulkanischen eisenhaltigen Gerölle aus der *Auvergne* und ebenso in Eisensteinen aus *Böhmen*. Das Vorkommen vieler erloschener Vulkane (?) in diesem Lande, meint er, könnte diesen Salmiak erklären.

Es ist nicht zu läugnen, dafs alle bekannten Darstellungs-Arten des Salmiaks durch Sublimation zu Gunsten einer solchen Ansicht sprechen. Stets wird aber die Gegenwart organischer Ueberreste vorausgesetzt, ohne deren Gegenwart gewifs kein Vulkan Salmiak produciren kann. Was übrigens den Salmiak in den *böhmischen* Eisensteinen betrifft, so ist Vogel's Erklärung etwas gezwungen; denn aufser dem *Kammerbühl* kennen wir keinen andern erloschenen Vulkan in *Böhmen*.

**) Poggend. Annal. Bd. XVIII. S. 332. ff.

***) An einer andern Stelle (S. 340 Anm.) sind 25 geogr. Meilen angegeben.

strömt ununterbrochen fort ein Rauch aus, der bei Nacht, wie eine Fackel, röthlich leuchtet. Man holt den Salmiak von diesem Feuerberge nur mit Schuhen, die dicke hölzerne Sohlen haben. Er wird nicht blofs als Beschlag und Rinde, wie er sich aus den aufsteigenden Dämpfen niederschlägt, gesammelt; die *chinesichen* Documente reden auch von einer „grünlichen Flüssigkeit, die man in Höhlungen sammelt, aus der durch Sieden und Verdampfung das Salz Naoscha (Salmiak) abgeschieden wird." Endlich liegt noch ein Hügel in einer Ebene, nahe am Flusse *Khobok*, der sich in den kleinen See *Darlai* ergiefst, dessen Gesteinklüfte sehr heifs sind, doch ohne Rauch (sichtbare Dämpfe) auszustofsen. In diesen Klüften sublimirt sich der Salmiak zu so fester Rinde, dafs man, um ihn zu sammeln, das Gestein selbst abschlagen mufs.

Wenn auch nicht hier, wie bei den Meeres-nahen Vulkanen, das Meerwasser das Material zum Salmiak, den diese Vulkane exhaliren, liefern kann: so dürften wir doch berechtigt sein, es in dem salzigen See *Issikul* zu suchen. Uebrigens ist auch der *Hotscheu* von Lachen umgeben, welche von Humboldt freilich ganz unbeträchtliche nennt, die indefs doch Material genug zur Salmiak-Bildung liefern können.

Aus den, wenn auch unvollständigen, Nachrichten scheint so viel hervorzugehen, dafs die Salmiak-Dämpfe von Wasserdämpfen begleitet werden. Namentlich spricht dafür die beim *Hotscheu* angeführten *chinesischen* Nachrichten. Wenn aber Wasserdämpfe gegenwärtig sind, so ist entweder anzunehmen, dafs es, salzige und organische Substanzen haltende, Gewässer sind, welche in den erhitzten Heerd des Vulkans dringen und darin abdampfen, oder dafs es, mit organischen Ueberresten getränkte sedimentäre Gesteine sind, zu welchem salzige Gewässer Zutritt haben. Im ersten Falle würde sich die ganze Erscheinung auf den oben erwähnten Versuch Marcet's (S. 116) zurückführen lassen; im zweiten würde sie mit den Salmiak-Sublimationen bei Erdbränden zu vergleichen sein.

Nichts berechtigt uns zur Annahme, dafs in irgend einem Vulkane Ammoniak aus seinen Bestandtheilen, auf directem Wege, producirt werden könne. Es mag sein, dafs man geneigt wäre, auch hierbei zu dem so oft mifsbrauchten Drucke

Zuflucht zu nehmen. Dafs sich aber bei einem 50fachen Atmosphären-Drucke, in gewöhnlicher Temperatur, Wasserstoffgas nicht mit Stickgas verbindet, wissen wir. Sollte man etwa annehmen, dafs diefs in hoher Temperatur geschehen könne: so ist zu erwiedern, dafs in der Glühehitze Ammoniak in seine Bestandtheile zerlegt wird.

Die Salmiak-Sublimationen bei Erdbränden zeigen auf eine auffallende Weise, was geschieht, wenn in hoher Temperatur Gewässer mit Gesteinen in Berührung kommen, die organische Ueberreste enthalten.

Aus den Spalten des Schieferthons auf dem sogenannten brennenden Berge zu *Duttweiler*, bei *Saarbrücken*, entwickeln sich ununterbrochen fort heifse Wasserdämpfe und heisse Luft, und es setzen sich darin manchmal Salmiakkrystalle ab. Diese Dampfentwicklung setzt einen ununterbrochenen Zutritt von Wasser zum erhitzten Gesteine voraus. Wahrscheinlich liefern diese Gewässer das nöthige Kochsalz oder andere Chlorüre, um das aus organischen Ueberresten in den Steinkohlen oder in dem Schieferthone entwickelte Ammoniak in Salmiak umzuwandeln. Es sind mithin Processe, wie wir sie ohne Schwierigkeit auch im Heerde der Vulkane *Asien's* uns denken können.

Auch an anderen Orten, wie zu *St. Etienne* bei *Lyon* *), zu *New-Castle*, am *Glan* in *Rheinbaiern* findet sich Salmiak als Sublimat von Kohlenbränden.

Durch Erhitzen thierischer Kohle mit fixen Alkalien wird eine chemische Verbindung des Stickstoffs mit Kohlenstoff, das Cyan, gebildet. Neuerdings hat man aber die wichtige Entdeckung gemacht, dafs sich Kohle in sehr hoher Temperatur unmittelbar mit dem Stickstoffe verbinden kann, wenn dieselbe mit kohlensaurem Kali getränkt ist **). In Hohöfen, z. B. zu *Mägdesprung* auf dem *Harze*, findet sich manchmal Kaliumeisencyanür. Es ist sehr wahrscheinlich, dafs sich das Cyan in dieser Verbindung auf dieselbe Weise bildet; denn die Bedingungen dazu, Stickgas von der Gebläseluft, Kohle, kohlensaures Kali aus derselben, Eisen und eine sehr hohe Temperatur sind in reichem Maafse gegeben. Obgleich sol-

*) Annal. de chim. et de phys. T. XXI. P. 158.

**) Berzelius Jahresb. Bd. XXVI. S. 212.

che Bildungen mit plutonischen und vulkanischen Erscheinungen in Beziehung gesetzt werden könnten: so würde man doch gewifs viel zu weit gehen, wenn man aus solchen Processen die Stickstoff - Verbindungen ableiten wollte. Immer ist es aber, selbst in geologischer Beziehung, von Wichtigkeit, Processe kennen zu lernen, wodurch auf directem Wege eine Verbindung des Stickstoffs mit anderen Körpern möglich ist.

Aus vorstehenden Betrachtungen ergiebt sich, dafs wir nur einen einzigen unorganischen Procefs kennen, wodurch eine Stickstoffverbindung ohne Gegenwart organischer Stoffe oder Ueberreste gebildet wird, und von dem man vermuthen kann, dafs er in der Natur stattfindet: es ist die schon bemerkte Bildung der Salpetersäure, wenn eine grofse Anzahl elektrischer Funken durch atmosphärische Luft schlägt.

Von 77 Regenwasser - Rückständen, welche Liebig *) analysirte, enthielten 17, durch Verdampfung von Gewitter-Regenwasser erhalten, mehr oder weniger Salpetersäure, welche theils an Kalk, theils an Ammoniak gebunden war. In den 60 anderen Rückständen enthielten nur zwei Spuren von Salpetersäure.

Die Menge dieser Salpetersäure ist nicht bestimmbar; denn 200 bis 300 Pfd. filtrirtes Regenwasser liefern blofs einige Gran eines gefärbten Rückstandes, wovon das salpetersaure Salz nur einen Bruchtheil ausmacht. Mit Recht hält Liebig die Analyse des Quell- und Flufswassers für weit geeigneter, die Menge der durch Einflufs der Elektricität in der Atmosphäre gebildeten Salpetersäure zu schätzen. Sollte diese Säure im Regenwasser im freien Zustande vorhanden sein: so würde sie beim Abdampfen entweichen, und der Rückstand würde keine Spur davon enthalten. Das Wasser der Quellen, Bäche und Flüsse ist Regenwasser, welches, wenn es Salpetersäure enthält, beim Filtriren durch die Erde, in welcher Kalk und alkalische Basen nie fehlen, salpetersaure Salze empfangen mufs. Nun geht aus Göbel's Beobachtungen hervor, dafs, durch Verdunstung des Wassers des *Charysacha*-Flusses, dem *Elton-See* jährlich 47777 Mill. Pfd. Salz

*) A. a. O. S. 298.

zugeführt werden. Welche bedeutende Wassermenge verdunsten mufs, um diese Menge Salz abzusetzen, ergiebt sich daraus, dafs das Wasser jenes Flusses nicht ganz 5 Proc. an Salzen enthält. Der *Charysacha* entspringt etwa 40 Werste vom *Elton-See* und erhält sein Wasser durch den im Gebirge fallenden Regen und Schnee. Sollte daher die Salpetersäure ein merkbarer Bestandtheil des Regenwassers sein: so müfste sie sich in jenem Salzabsatze finden; Göbel fand aber weder in diesem Absatze noch im Wasser des Flusses Spuren von salpetersauren Salzen. Ebenso wenig hat man bis jetzt im Wasser des *Nil's*, der *Seine*, der *Themse*, des *Rheins* die Existenz salpetersaurer Salze dargethan.

Liebig schliefst hieraus, dafs in *Europa* die Menge der Salpetersäure, welche die Erde durch den Regen empfängt, verschwindend klein sei. Da die Zahl der Gewittertage in den meisten Gegenden nur durchschnittlich 12, in vielen nur 8 beträgt: so mufs es schon defshalb unmöglich erscheinen, die Gegenwart der Salpetersäure im Quell- und Flufswasser nachzuweisen.

Unter dem Aequator, wo die Gewitter häufiger sind, wo in den *Andes*, nach Boussingault, die Atmosphäre fast ununterbrochen fort von elektrischen Entwicklungen durchzuckt wird, liefse sich denken, dafs der Salpetersäure-Gehalt des Regenwassers bemerklich gröfser sei. Wird er jedoch, meint Liebig, nach den bekannten Untersuchungen von Quell- und Flufswasser beurtheilt, z. B. nach den Analysen des Wassers von *Paipa* bei *Tunga*, des Wassers des *Rio vinagré* und der heifsen Mineralquellen der *Cordilleren* (nach Boussingault's Untersuchungen): so scheint in den Tropen-Gegenden keine bemerklich gröfsere Menge Salpetersäure, als in den gemäfsigten Zonen, erzeugt zu werden.

Dagegen bemerken wir, dafs geringe Mengen salpetersaurer Salze dem Chemiker, wenn sein Augenmerk nicht besonders darauf gerichtet ist, und er nicht grofse Quantitäten Wassers abdampft, leicht entgehen können. Dieser Fall möchte aber bei den vorstehenden Untersuchungen leicht stattgefunden haben. Das Beispiel des Fluors und der Phosphorsäure zeigt, wie geringe Quantitäten mancher Stoffe in Gewässern den Chemikern lange entgehen können, oder doch nur als

Seltenheiten aufgefunden werden. Als **Berzelius** beide Stoffe im *Carlsbader* Wasser entdeckte, glaubte wohl Niemand, dafs man sie 23 Jahre später fast in jedem Quellwasser und sogar im Meere finden würde. Wir geben aber zu, dafs in laufenden Quellen nie so viel salpetersaure Salze gefunden werden dürften, wie in Brunnen grofser Städte.

Pagenstecher und **Müller***), welche eine sorgfältige Untersuchung der Brunnen und Quellen *Bern's* und seiner näheren Umgebung anstellten, fanden, dafs die in die Stadt geleiteten Brunnen zwar keine oder doch nur geringe Spuren alkalischer salpetersaurer Salze, aber doch salpetersaure Magnesia enthalten. Wie dieses Vorkommen zu erklären ist, lassen sie dahingestellt, da diese Brunnen aus Sandstein in Gegenden kommen, wo man nicht ungezwungen eine Infiltration thierischer Abfälle annehmen kann. In 10 dieser Quellen steigt die Menge der salpetersauren Magnesia von $\frac{1}{237623}$ bis $\frac{1}{20583}$ **), während in den, in der Stadt selbst entspringenden Brunnen die Menge der sämmtlichen salpetersauren Salze (salpetersaures Kali und Natron, salpetersaure Kalkerde und Magnesia) bis auf $\frac{1}{3962}$ steigt. Durch Messung fanden **Pagenstecher** und **Müller**, dafs blofs die gefafsten Brunnen 6387,72 Pfd. salpetersaure Salze jährlich der *Aar* zuführen, wobei das salpetersaure Ammoniak, welches sie enthalten, nicht mitgerechnet ist, aber leicht einige Centner betragen kann. Nimmt man, bemerken sie, die Fäulnifs thierischer Stoffe als einzige Quelle für die Bildung der Salpetersäure: so fällt die bedeutende Quantität solcher Stoffe auf, welche die Stadt, wo nicht ausschliefslich, doch bei weitem gröfsern Theils blofs zur Erzeugung dieser Säure zu liefern hat.

Wenn durch die vorstehenden Analysen von 10 Quellen, welche allerdings aus einem sedimentären Gesteine kommen, die Gegenwart salpetersaurer Salze und vorzugsweise salpetersaurer Magnesia dargethan worden: so ist doch wohl nicht zu

*) Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in *Bern* aus dem Jahr 1844. S. 149.

**) Dieses Maximum findet sich in der *gröfseren Altenbergquelle*, worin übrigens die salpetersaure Magnesia $\frac{4}{5}$ und das salpetersaure Natron $\frac{1}{5}$ beträgt.

erwarten, dafs diefs eine Eigenthümlichkeit jener Quellen sei. Vielmehr wird man diese Salze, wenn man nur nach ihnen sucht, und zu diesem Ende grofse Quantitäten Wassers abdampft, gewifs in sehr vielen Quellen finden. Der Salpeter-Gehalt in den Brunnen grofser Städte, der von Berzelius in denen *Stockholm's* zuerst nachgewiesen worden, kommt hierbei nicht in Betracht; denn dieser rührt unstreitig von den stickstoffhaltigen Substanzen der Kloaken u. s. w. her.

Ob die Salpetersäure der salpetersauren Magnesia in jenen Quellen *Bern's* blofs von organischen Ueberresten im Sandsteine herrühre, oder ob sie theilweise meteorischen Ursprungs ist, lassen wir dahin gestellt. Aus dem Nichtfinden salpetersaurer Salze in Quellen, in denen man nicht darnach suchte, oder nicht suchen konnte, weil man zu geringe Quantitäten Wassers abgedampft hatte, kann man nur nicht schliefsen, ob die Salpetersäure, welche die Erde durch den Regen erhält, eine Bedeutung habe oder nicht.

Wenn übrigens die *Aar* wenigstens diejenigen salpetersauren Salze enthält, welche ihr die *Berner* Brunnen zuführen: so mufs sie auch der *Rhein*, in welchen jene sich ergiefst, und folglich auch das Meer enthalten. Eben so gewifs ist es, dafs die Regenwasser, welche das cultivirte Land auslaugen, die in demselben durch Fäulnifs organischer Urberreste gebildeten salpetersauren Salze aufnehmen und fortführen. Ob in diesen Flüssen und im Meere diese Salze nachgewiesen werden können oder nicht, ist einerlei; denn es ist gewifs nicht nöthig, eine Flüssigkeit auf eine Substanz zu prüfen, die vor unsern Augen in dieselbe gelangt. Ist übrigens, wie aus Liebig's eigenen Versuchen hervorgeht, der Salpetersäure-Gehalt im Gewitter-Regenwasser eine Thatsache: so mufs derselbe an den, in einer Quelle oder in einem Flusse vorhandenen salpetersauren Salzen Antheil haben.

Erwägt man, dafs diese Salpetersäure-Erzeugung seit der Erscheinung des ersten Gewitters in der Atmosphäre von statten geht (und dafs schon in oder bald nach der Schöpfungsperiode die Bedingungen zu Gewittern vorhanden waren, wird wohl Niemand läugnen) so ist wohl zu begreifen, wie diese Salpetersäure bis auf den heutigen Tag eine Gröfse werden konnte, hinreichend um das ganze organische Reich

und seine Ueberreste mit Stickstoff-Verbindungen zu versehen.

Wir haben Gründe anzunehmen, dafs die meteorische Salpetersäure-Erzeugung in früheren Zeiten viel energischer war, als heut zu Tage. So frequent, als die elektrischen Entladungen unter den Tropen in der Jetztzeit sind: so mufsten sie auch in jener Periode, in welcher noch die ganze Erdoberfläche ein Tropenklima hatte, gewesen sein. Wir wissen, dafs durch Verdunstung Elektricität entwickelt wird. Bei vulkanischen Eruptionen, wo grofse Quantitäten Wasserdämpfe aus den Kratern aufsteigen, durchkreuzen Blitze die Atmosphäre nach allen Richtungen. Als daher die Oberflächen-Temperatur auf der ganzen Erde viel höher war, ging die Verdunstung ungleich rascher von statten, als heut zu Tage: eine reiche Quelle elektrischer Entladungen war vorhanden, und Salpetersäure-Bildung war ein beständig fortdauernder Procefs.

Die in der Atmosphäre gebildete Salpetersäure *) wurde, wie in der Jetztzeit, vom Regen auf die Erdoberfläche herabgeführt, wo sie theils zur Zersetzung krystallinischer Gebirgsarten beigetragen, theils mit den im Meere aufgelösten Salzbasen (Kalk, Magnesia u. s. w.) sich verbunden hat. In beiden Fällen wurden salpetersaure Salze gebildet, die sich im Meere anhäufen mufsten.

Konnten aber diese salpetersauren Salze den Land- wie den Meerespflanzen Stickstoff liefern? Kuhlmann **) fand, dafs salpetersaures Natron, wie Ammoniaksalze, dem Boden zugesetzt, als Dünger wirken. Der Stickstoff des salpetersauren Natrons scheint selbst noch leichter, als der der Ammoniaksalze assimilirt zu werden. Die Menge des, auf einem mit diesem Salze gedüngten Boden, gewachsenen Heues stand in geradem Verhältnisse mit den Quantitäten des angewandten salpetersauren Natrons.

Boussingault ***) führt an, dafs nach den ziem-

*) Ebelmen geht sogar so weit, der Salpeter-Bildung einen wesentlichen Antheil an der Verwitterung Kieselsäure-haltiger Gesteine zuzuschreiben. Compt. rend. V. XX. p. 1418 etc.

**) Comptes rendus 1843. T. XVII. No. 20. p. 1118.

***) A. a. O. Bd. II. S. 130.

lich zahlreichen, mit Chilisalpeter (salpetersaurem Natron) angestellten Versuchen, ihre Genauigkeit vorausgesetzt, an der Wirksamkeit dieses Salzes auf einem, hinlänglich mit organischem Dünger versehenen Boden nicht zu zweifeln sei. Auch Barclay's Versuche haben erwiesen, dafs das salpetersaure Natron die Production der vegetabilischen Materie vermehre, und mehrere, durch Gourcy in *England* gemachte Erfahrungen scheinen den Einflufs dieses Salzes auf die Entwicklung der Pflanzen gleichfalls zu bestätigen.

Diese Thatsachen als wahr genommen, fragt Boussingault, auf welche Weise kann das salpetersaure Natron wirken? — Die chemische Zusammensetzung der salpetersauren Salze macht es einigermafsen begreiflich, wie sie sowohl als mineralischer, wie auch als organischer Dünger wirken können. Es würde zu entscheiden sein, ob der in salpetersauren Salzen enthaltene Stickstoff etwas zur Bildung der stickstoffhaltigen Bestandtheile der Pflanzen beitrage. Davy *) trägt Bedenken zu entscheiden, ob dieser Stickstoff zur Bildung von Eiweifs und Kleber mitwirke. Mit Recht hält Boussingault diefs für einen, der Beachtung und des Versuchs werthen Gegenstand der Physiologie. Mit Wahrscheinlichkeit glaubt er annehmen zu können, dafs der Stickstoff in den Pflanzen seine Quelle in dem, aus dem Dünger entstandenen Ammoniak oder in dem der Atmosphäre habe; die Ansicht aber, wonach das im Boden entstandene Ammoniak, ehe es die Pflanzen aufnehmen, in Salpetersäure oder in salpetersaures Ammoniak verwandelt wird, würde sich fast ganz auf dieselben Thatsachen stützen, die er zu Gunsten der ersteren Meinung anführt. Man hat übrigens wahrgenommen, dafs sich unter gewissen Umständen der Stickstoff des Ammoniaks leicht mit Sauerstoff verbindet, und diefs hält er für einen der triftigsten Beweisgründe für den in Rede stehenden Fall. Boussingault fand mit Rivero in der giftigen Pflanzenmilch der Hura crepitans eine nicht unbedeutende Menge salpetersaures Kali. Seitdem wies er die Anwesenheit dieses Salzes im Safte verschiedener Bäume der Tropenländer wiederholt nach; dagegen fand er in den Blättern und Früchten immer

*) Chimie agricole. T. II. p. 84.

nur kleine Mengen davon. Uebrigens ist es bekannt, dafs auch mehrere bei uns wachsende Pflanzen, wie Borago officinalis, die Sonnenblume, der Tabak u. s. w. in ihrem Safte beträchtliche Mengen von Salpeter enthalten.

Ehe die Möglichkeit ausgesprochen werden kann, ob die durch einen unorganischen Procefs erzeugte Salpetersäure den ersten auf Erden gewachsenen Pflanzen ihren Stickstoff geliefert habe, ist durch Versuche zu entscheiden, ob Pflanzen, denen jede andere Stickstoffquelle abgeschnitten wird, auf Kosten salpetersaurer Salze, welche zum Boden gesetzt werden, stickstoffhaltige Bestandtheile erzeugen können.

Liebig bemerkt ganz richtig, dafs eben so gut, als die Pflanzen Kohlensäure und Wasser, deren Bestandtheile mit einer grossen Kraft zusammengehalten werden, zerlegen, sie auch die viel leichter zersetzbare Salpetersäure werden zerlegen und den Stickstoff derselben aufnehmen können.

Die chemische Analyse hat im Steinsalze, welches ein unzweifelhafter Absatz aus dem Meerwasser ist, bis jetzt keine salpetersauren Salze nachgewiesen. Ebenso wenig konnte Heine *) in den Salzsoolen der *Preufsischen* Provinz *Sachsen* Salpetersäure auffinden. Ist es unzweifelhaft, dafs dem Meere seit der Schöpfungsperiode salpetersaure Salze zugeführt worden sind und noch zugeführt werden: so liegt es nahe, das, was im Meerwasser fehlt oder wahrscheinlich darin nur in sehr geringer Menge nachgewiesen werden kann, in den Pflanzen und Thieren zu suchen, welche im Meerwasser entstanden und untergegangen sind, und deren, in den Sedimenten begrabene Reste dem allgemeinen Kreislaufe entzogen worden sind und noch entzogen werden.

Liebig's Ansicht, dafs vor dem Erscheinen des Pflanzenreichs das Ammoniak schon ein Bestandtheil der Atmosphäre gewesen sei, würde der plutonischen Entstehung unserer Erde nicht widersprechen, wenn man annehmen könnte, dafs dieses durch Hitze zersetzbare Alkali in den höheren Regionen der Atmosphäre vorhanden gewesen sei. Liebig bezieht sich aber selbst auf die Zersetzbarkeit des Ammoniaks bei Gegenwart von Sauerstoffgas durch elektrische Fun-

*) Karsten's und v. Dechen's Archiv u. s. w. Bd. XIX. S. 27.

ken, und hält es daher für ungewifs, ob der Stickstoff der Salpetersäure im Regenwasser von der atmosphärischen Luft oder von dem darin enthaltenen Ammoniakgase abstammt. Im letzteren Falle würde es als eine Nothwendigkeit erscheinen, dafs ein grofser Theil des ursprünglich in der Atmosphäre gedachten Ammoniaks, durch die seit der Schöpfungsperiode stattgefundenen elektrischen Entladungen, in Salpetersäure umgewandelt worden sei. So würde denn auch diese Voraussetzung dahin führen, dafs vor dem Erscheinen der Pflanzen auf Erden schon salpetersaure Salze existirt haben.

Berechnet man nach Graeger's Bestimmung des Ammoniaks in der Atmosphäre die Menge desselben in einer Luftsäule von 1 Quadratfuss Fläche: so erhält man 290 Milligramm oder 4,76 Gran. Denkt man sich dieses Ammoniak als eine liquide Flüssigkeit von der Dichtigkeit des Wassers: so würde es eine Schicht von 0,135 Linie Höhe bilden *).

In 4,76 Gran Ammoniak sind 3,921 Gr. Stickstoff enthalten. Diefs ist also die ganze Menge, welche die, auf einem Quadratfufs wachsenden Pflanzen aufnehmen könnten, wenn sie alles Ammoniak bis zum Ende der Atmosphäre aufnähmen. Nach Chevandier **) verhält sich der Kohlenstoff zum Stickstoffe im Buchenholz, wie 1800 : 34; nach Liebig (S. 99) producirt ein Quadratfufs Land jährlich $\frac{1}{40}$ Pfd. Kohlenstoff; das auf dieser Fläche wachsende Buchenholz fordert daher jährlich 3,627 Gran Stickstoff. Diefs ist fast so viel, als die Menge des Stickstoffs in dem, in einer Luftsäule von 1

*) Da indefs, nach Faraday's Untersuchungen, die in der Atmosphäre enthaltenen dampfförmigen Substanzen nur bis zu einer gewissen Höhe sich erheben: so ist diefs auch von dem in der Luft im dampfförmigen Zustande vorhandenen kohlensauren Ammoniak zu vermuthen. Wäre das Ammoniak als reines Ammoniakgas in der Atmosphäre: so könnte es so hoch hinaufreichen, wie ihre übrigen Gase; aber neben Kohlensäure kann es nur als Carbonat existiren. Von Interesse würde es sein, Luft aus uns noch zugänglichen Höhen zu untersuchen; vielleicht würde man die Grenze des kohlensauren Ammoniaks finden. Giebt es eine solche Grenze, so ist die oben berechnete Menge, obgleich schon unbedeutend, noch zu grofs.

**) Compt. rend. 1844. No. 3 u. 5.

Quadratfufs Fläche enthaltenen Ammoniak. Demnach verbraucht ein Buchenwald in 13 Monaten die ganze Menge Ammoniak, welche in der, auf ihm ruhenden Atmosphäre enthalten ist. Berücksichtigt man, dafs das Holz zu denjenigen Pflanzen gehört, welche am ärmsten an stickstoffhaltigen Bestandtheilen sind: so sieht man, dafs die daran reicheren, wie die Cerealien, während ihres Wachsthums, mehr Ammoniak verbrauchen, als in der Luftsäule, welche auf ihnen ruht, enthalten ist. Liebig *) ist freilich, weil er 10 Mal so viel Ammoniak in der Luft angenommen, als Graeger wirklich gefunden hat, zu einem andern Resultate gekommen.

Es ist klar, dafs das atmosphärische Ammoniak schon längst erschöpft sein würde, wenn die Vegetation der Wälder blofs auf seine Kosten von Statten ginge. Bei den Pflanzen, welche Nahrungsmittel für Menschen und Thiere sind, könnte man zur Noth annehmen, dafs ihre stickstoffhaltigen Bestandtheile innerhalb eines Jahres wieder als Ammoniak in die Atmosphäre zurückkehren, so dafs der Kreislauf aus derselben in die Pflanzen und Thiere und wieder zurück in die Atmosphäre in einem Jahre vollendet würde. Allein nicht so ist es bei den perennirenden Pflanzen, namentlich bei den Bäumen, die zum Theil hundert und mehrere Jahre ununterbrochen fort vegetiren, und in jedem Jahre fast die ganze Menge des atmosphärischen Ammoniaks in der auf ihnen ruhenden Luftsäule in Beschlag nehmen.

Denkt man sich ein Land, wovon $\frac{1}{50}$ der Fläche Wald und $\frac{49}{50}$ Felder und Wiesen wären: so würde ersterer in 54 Jahren alles Ammoniak in der Atmosphäre, welche auf dem ganzen Lande ruht, absorbiren. In der zweiten 54jährigen Periode würde sich die Vegetation des Waldes und auf den Feldern und Wiesen in das im Kreislaufe begriffene Ammoniak theilen; mithin dort wie hier kümmerlich werden. Nach

*) A. a. O. S. 56. Er nahm in einem Pfund Regenwasser $\frac{1}{4}$ Gran Ammoniak an. Fallen auf einen Quadratfufs jährlich 3 Cubikfufs = 198 Pfd. Regenwasser, so würde diess 49,5 Gr. Ammoniak, mithin 10 Mal so viel betragen, als Graeger gefunden hat, wenn selbst alles Ammoniak in der Atmosphäre mit dem Regen herabfiele.

einem mehrmals wiederholten Turnus würde das atmosphärische Ammoniak bis auf ein Minimum herabkommen, die Vegetation würde immer kümmerlicher werden und endlich ganz aufhören.

Man wendet vielleicht ein, dafs beim Verbrennen des Holzes die Stickstoff-haltigen Bestandtheile nicht gänzlich in Stickgas zersetzt werden, indem im Holzspiritus von der trocknen Destillation des Holzes etwas essigsaures Ammoniak gefunden wird. Trockne Destillation und Verbrennung sind aber zwei verschiedene Operationen. Beim Verbrennen einer an Stickstoff-Verbindungen sehr reichen Substanz, wie der Kameel-Mist ist, wird ein Theil derselben in Ammoniak zersetzt, welches sich in Verbindung mit der vorhandenen Salzsäure als Salmiak in den Kaminen *Aegyptens* sublimirt. Ob bei der Verbrennung des Holzes Ammoniak gebildet wird, schien zweifelhaft. Durch folgende Versuche suchte ich hierüber Gewifsheit zu verschaffen.

Hobelspäne wurden in einem kleinen Ofen, dessen gekrümmte Rauchröhre sich in einer zweihalsigen, mit sehr verdünnter Salzsäure gefüllten Flasche mündete, welche durch eine zweite Röhre mit einem grofsen, mit Wasser gefüllten Fasse communicirte, verbrannt. Durch den raschen Abflufs des Wassers aus diesem, als Saug-Apparat dienenden Fasse wurde der zur Verbrennung des Holzes nöthige Luftzug bewirkt. Die gasförmigen Producte der Verbrennung strichen durch die verdünnte Salzsäure. War unter ihnen Ammoniak, so mufste es von der Säure absorbirt werden. Die mit Rufs beladene Flüssigkeit wurde abdestillirt und der trockne Rückstand bis zum Glühen erhitzt, um den Salmiak, so fern er sich gebildet haben sollte, zu sublimiren

Zuerst wurden 9 Loth Buchenholz nach und nach verbrannt. Im Retortenhalse, in welchem der Rückstand erhitzt wurde, zeigte sich auch nicht eine Spur eines Sublimats.

Hierauf wurden 32 Loth Tannenholz nach und nach verbrannt, wobei sich beim Glühen des Rückstandes ein weifser, unwägbarer Sublimat im Halse der Retorte zeigte. Er wurde mit Wasser herausgespühlt und die Auflösung mit Aetzkali versetzt. Ein mit Salzsäure befeuchteter Glasstab, über das Glas gehalten, liefs deutliche Dämpfe wahrnehmen; später

konnte man auch neben einem brenzlichen Geruche einen ammoniakalischen wahrnehmen.

Durch das Verbrennen des Tannenholzes wird also aus seinen stickstoffhaltigen Bestandtheilen etwas Ammoniak entwickelt. Die Menge desselben ist aber so äusserst geringe, dafs sie, im Verhältnisse zu jenen Bestandtheilen, gar nicht in Anschlag kommt. Bei weitem der gröfste Theil der Stickstoff-Verbindungen des Holzes wird daher in Stickgas zersetzt, welches wieder in die Atmosphäre zurückkehrt.

Man sieht hieraus die Unmöglichkeit, den Stickstoff, welchen die auf ungedüngtem Boden wachsenden Pflanzen verbrauchen, vom atmosphärischen Ammoniak ableiten zu wollen. Den auf sedimentärem Gesteine wachsenden Pflanzen steht zwar noch eine andere Stickstoff-Quelle, die organischen Ueberreste im Boden, zu Gebote; allein diese Quelle fehlt den Wäldern auf verwittertem krystallinischem Gesteine. Für diese gilt vom Ursprunge des Stickstoffs dasselbe, was vom Ursprunge des Kohlenstoffs gilt. So wie es eine Nothwendigkeit ist, dafs die auf krystallinischem Gesteine wachsenden Pflanzen ihren Kohlenstoff aus der Atmosphäre entnehmen: so müssen sie auch ihren Stickstoff aus derselben Quelle, aber nicht aus der spärlichen Menge atmosphärischen Ammoniaks, sondern aus der grofsen atmosphärischen Stickgases entnehmen.

Welche Quantität Ammoniak ursprünglich in der Atmosphäre vorhanden gewesen sein müfste, wenn davon aller Stickstoff im organischen Reiche und in organischen Ueberresten abstammen sollte, darüber Calculationen anzustellen, wollen wir uns der Mühe überheben. Man möchte vielleicht auf Quantitäten kommen, welche die Atmosphäre zur Entwicklung des organischen Lebens unfähig gemacht haben würden.

Nicht blofs durch Verbrennen des Holzes wird der gröfste Theil der organischen Stickstoff-Verbindungen zersetzt und Stickgas der atmosphärischen Luft zugeführt; auch durch Fäulnifsprocesse erfolgt theilweise eine solche Zersetzung, wodurch, wie schon bemerkt wurde (S. 108), gleichfalls Stickgas entwickelt wird.

Das brennbare Grubengas, welches sich in Folge fortschreitender Zersetzung der Steinkohlen entwickelt, ist stets von Stickgas begleitet. Nach meiner Untersuchung dreier solcher Gasexhalationen aus dem Steinkohlen-Gebirge, beträgt dieses Stickgas 2, 5 bis 15 Proc. Es kann nicht von atmosphärischer Luft herrühren, da Sauerstoffgas fehlt und das Gas mit Pressung sich entwickelt; es hat daher denselben Ursprung, wie das begleitende brennbare Gas, nämlich aus Steinkohlen. Aus den in Sümpfen und stehenden Gewässern faulenden organischen Substanzen entwickelt sich gleichfalls mit dem brennbaren Sumpfgase Stickgas. Es ist hieraus zu schliefsen, dafs diese Stickgas-Entwicklung den Zersetzungsprocefs vom ersten bis zum letzten Stadium begleitet. Die organischen Stickstoff-Verbindungen in den Pflanzen, welche das Material zu den Steinkohlen geliefert haben, kehren daher als solche nicht mehr in den Kreislauf zurück; erst nach ihrer völligen Zersetzung wird ihr Stickstoff wieder ein Eigenthum der Atmosphäre. Das Ammoniak, welches vielleicht beim Verbrennen der Steinkohlen in die Atmosphäre übergeht, ist gewifs nur ein sehr kleiner Bruchtheil der ursprünglichen Stickstoff-Verbindungen. Die pflanzlichen Substanzen, welche in Graphit umgewandelt wurden, haben höchst wahrscheinlich allen ihren Stickstoff als Stickgas wieder an die Atmosphäre abgegeben.

Wir sehen, wie gerade die gröfsten Quantitäten organischer Stickstoff-Verbindungen, welche die Natur in den frühesten Zeiten der organischen Periode geschaffen hat, keineswegs als Ammoniak, sondern als Stickgas in die Atmosphäre zurückkehren.

So erscheint es auch von dieser Seite als eine Nothwendigkeit, dafs, wenn nicht endlich alle Stickstoff-Verbindungen untergehen sollen, täglich neue aus dem atmosphärischen Stickgase erzeugt werden müssen.

Liebig spricht dem Stickstoffe der Luft die Fähigkeit ab, in Ammoniak umgewandelt zu werden (S. 114), und wir stimmen ihm vollkommen bei. Da aber das in der Atmosphäre vorhandene Ammoniak eine verschwindende Gröfse ist, welche eine einjährige Vegetation verbraucht: so bleibt nichts anderes übrig, als dafs entweder die in der Atmosphäre

durch elektrische Entladungen gebildete Salpetersäure es ist, welche der Vegetation neue Stickstoff-Verbindungen zuführt, oder dafs die Pflanzen selbst die Fähigkeit besitzen, Stickstoff zu assimiliren.

Da die Pflanzen Kohlensäure zerlegen, mithin ein Zersetzungs-Vermögen besitzen, welches selbst nicht die stärkste Volta'sche Säule besitzt: so dürfte man ihnen wohl auch umgekehrt ein Vermögen zuschreiben, Stoffe zu verbinden, welche durch unorganische Processe nicht verbunden werden können. Und wer würde wohl läugnen, dafs die Vegetation Verbindungen hervorbringt, welche auf unorganischem Wege durchaus nicht hervorzubringen sind? Wenn der Stickstoff der faulenden Substanzen sich in statu nascenti mit dem atmosphärischen Sauerstoffe verbindet, sollte es dann nicht als möglich erscheinen, dafs umgekehrt der von den Pflanzen exhalirte Sauerstoff der zerlegten Kohlensäure sich in eben diesem Entstehungszustande mit dem atmosphärischen Stickstoffe zu verbinden vermöchte? — Was hindert es übrigens anzunehmen, dafs die Pflanze den atmosphärischen Stickstoff sogleich zur Bildung ihrer stickstoffhaltigen Bestandtheile assimilirt? — Könnte diefs nicht in dem Momente geschehen, wo durch Zerlegung der Kohlensäure und des Wassers Kohlenstoff und Wasserstoff und vielleicht auch Sauerstoff in statu nascenti sich befinden, und wo diese drei elementaren Stoffe in dem, für chemische Verbindungen günstigsten Verhältnissen den Stickstoff, ihren Begleiter im Pflanzen- und Thierreiche, aufnehmen? —

Doch wir verlassen diese hypothetischen Ansichten und gründen auf das Thatsächliche folgende Betrachtungen.

Wir kennen keinen andern Procefs in der Natur, wodurch unorganische Stickstoff-Verbindungen entstehen können, als die elektrischen Entladungen in der Atmosphäre. Die dadurch gebildeten salpetersauren Salze waren vorhanden, als das organische Reich erschien. Auch während der organischen Periode bis zur Jetztzeit dauerte diese Bildung salpetersaurer Salze durch diesen Procefs fort. Unbestimmt bleibt es aber, ob dieser Procefs ein Aequivalent für die tägliche gänzliche Zersetzung organischer Stickstoff-Verbindungen ist, oder ob neben ihm auch die Pflanzen Stickgas aus der Atmo-

sphäre zu assimiliren im Stande sind. Die oben erwähnten Versuche Mulder's und die vorstehenden Betrachtungen machen es übrigens sehr wahrscheinlich, dafs die Pflanzen ein solches Vermögen besitzen.

Ob das Ammoniak in der Atmosphäre eine ursprüngliche Bildung ist, oder ob es denselben Ursprung hat, wie dasjenige, welches jetzt noch als Exhalation faulender organischer Substanzen in dieselbe übergeht, scheint uns nicht zweifelhaft: wir vermuthen das letztere.

Eine Vergleichung zwischen dem Stickstoff und Kohlenstoff auf und in der Erde, welche beide unzweifelhaft aus der Atmosphäre stammen, führt zu folgenden Bemerkungen. Beide sind in Beziehung auf ihre Aggregatform einander ganz entgegengesetzt: der Stickstoff ist ein permanentes Gas, der Kohlenstoff einer der feuerbeständigsten Körper, die es giebt. Ihre Sonderung aus zusammengesetzten Verbindungen mufs daher einen entgegengesetzten Erfolg haben: der Kohlenstoff bleibt bei der Zersetzung organischer Substanzen zurück, der Stickstoff entweicht als Gas.

So sehen wir, wie bei weitem der gröfste Theil des, von den Pflanzen aus der Atmosphäre abgeschiedenen Kohlenstoffs ein Eigenthum der Erde werden mufste; denn nur die geringe Menge desselben, welche sich während der Zersetzung organischer Substanzen, mit Sauerstoff und Wasserstoff verbindet, kehrt im Kohlensäure- und im Kohlenwasserstoffgase in die Atmosphäre wieder zurück. In der Ackererde, wie in Absätzen aus Gewässern, in Spalten, wie in Drusenräumen, in Braun- und Steinkohlen, wie im Graphit und im Diamant häufte er sich und häuft sich noch. Dagegen liefern die von den Pflanzen producirten Stickstoff-Verbindungen, wie sie auch durch Fäulnifs zersetzt werden mögen, flüchtige Producte. Das Ammoniak geht in Verbindung mit Kohlensäure, wie der, aus gänzlich zersetzten organischen Stickstoff-Verbindungen ausgeschiedene Stickstoff in die Atmosphäre zurück. Nur die Salpetersäure, das Oxydations-Product stickstoffhaltiger Substanzen, ist es, welches, weil es überall in der Erde Salzbasen begegnet, ein Eigenthum der Erde wird. Wenn aber, wie gezeigt worden (S. 127) salpetersaure Salze von Pflanzen zersetzt werden und wieder Material zu organischen-

Stickstoff-Verbindungen liefern: so ist auch diese Stickstoff-Verbindung nur ein Glied des Kreislaufes aus der Luft in die Pflanzen und Thiere und wieder zurück in die Atmosphäre. Hier greift auch die menschliche Industrie mächtig in den Kreislauf ein; sie bemächtigt sich nicht blofs der salpetersauren Salze, wo sie solche findet, sie wandelt sogar thierische Ueberreste in diese Salze um, und führt ihren Stickstoff in die Atmosphäre gröfstentheils wieder zurück. So wirkt denn alles zusammen, den Stickstoff, welchen die Atmosphäre der Erde leiht, jener wieder zurückzuführen und daher sind die Stickstoff-Verbindungen eine fast verschwindende Gröfse gegen die ungeheuren Niederlagen von Kohlenstoff. Daher hat sich auch die Kohlensäure in der Atmosphäre bis auf ein Minimum vermindert, während ihr jetziges Stickgas nicht sehr viel weniger betragen mag, als das in der Schöpfungsperiode.

Resultate der Untersuchungen in diesem Kapitel.

1) Die Stickgas-Entwicklungen aus Quellen rühren entweder vom atmosphärischen Stickgase, oder von der Zersetzung stickstoffhaltiger Ueberreste in den sedimentären Formationen her.

2) Der Stickstoff, der wesentliche Bestandtheil organischer Substanzen, fehlt den krystallinischen Gesteinen gänzlich.

3) Unter allen Verbindungen, die der Stickstoff mit anderen unzerlegbaren Stoffen eingeht, ist es nur allein die mit Sauerstoff zu Salpetersäure, welche auf directem Wege durch elektrische Entladungen entstehen kann.

4) Die Salpeter-Bildung auf sedimentärem Gesteine und im Alluvium setzt die Gegenwart Stickstoff-haltiger organischer Ueberreste voraus.

5) Auch das Ammoniak ist ein Product der Zersetzung organischer Ueberreste.

6) Das atmosphärische Ammoniak reicht nicht für den Stickstoffgehalt der organischen Körper hin.

7) Das Ammoniak in den Wasserdämpfen der Suffioni *Toscana's* rührt von organischen Ueberresten her.

8) Das Ammoniak in den Eisenerzen stammt von or-

ganischen Substanzen in den Gewässern ab, aus denen sich diese Erze abgesetzt haben.

9) Der Salmiak, welcher sich aus Vulkanen oder bei Erdbränden sublimirt, stammt von organischen Ueberresten in den Gesteinen oder im Meerwasser ab.

10) Die Flüsse und das Meer müssen salpetersaure Salze enthalten.

11) Es ist wohl zu begreifen, wie die durch elektrische Entladungen gebildete Salpetersäure das organische Reich und seine Ueberreste mit Stickstoff-Verbindungen versehen konnte.

12) Salpetersaure Salze können den Pflanzen Stickstoff liefern.

13) Die Stickstoff-Verbindungen der organischen Substanzen werden beim Verbrennen gröfstentheils, bei der Fäulnifs theilweise zerstört.

14) Die auf krystallinischen Gesteinen wachsenden Pflanzen entnehmen ihren Stickstoff nicht aus der spärlichen Menge des atmosphärischen Ammoniaks, sondern aus der grofsen des atmosphärischen Stickgases.

15) Die Pflanzen scheinen die Fähigkeit zu besitzen, atmosphärischen Stickstoff zu assimiliren.

Kap. IV.

Der Schwefel.

Das Vorkommen gediegenen Schwefels in der Natur giebt Anlaſs zu mehreren Betrachtungen. Wir haben zu untersuchen, ob dieser Stoff als eine ursprüngliche Bildung in einer feuerflüssigen Erde existirt haben könne, und wenn diese Existenz nicht anzunehmen sein sollte, durch welche Zersetzungsprocesse er ausgeschieden worden sein könne.

Neben Oxyden, welche die Hauptbestandtheile der Erdkruste und der flüssigen Massen sind, die aus den Vulkanen kommen, konnte der Schwefel in höherer Temperatur nicht bestehen, ohne sich damit zu Schwefelmetallen zu verbinden. Die Annahme, daſs unsere Erde in der Schöpfungsperiode eine feuerflüssige Kugel in ihrer ganzen Ausdehnung gewesen sei, schlieſst mithin die Existenz von gediegenem Schwefel in der Schöpfungsperiode gänzlich aus.

Processe nachzuweisen, wodurch sich aus Schwefelverbindungen Schwefel abscheidet, ist nicht schwierig; denn einen dieser Processe, die Zersetzung, welche Schwefelwasserstoffgas bei seiner Berührung mit Sauerstoffgas erleidet, können wir mit unseren Augen verfolgen. Die möglichen Bildungsarten dieses Gases, dessen Entwicklung aus dem Innern der Erde eine frequente Erscheinung ist, haben wir schon (Bd. I. S. 653 ff.) kennen gelernt.

Das Vorkommen des Schwefels in Mineralquellen und in deren Nähe ist, wie ich gezeigt habe *), sehr häufig. Die

*) Schweigger's Journ. Bd. LXVI. S. 128 ff.

Badener-, *Eilsener-*, *Aachener-*, *Euganeischen*-Schwefelwasser u. s. w. bieten unter anderen Beispiele dar.

Breislak*) hält ganz richtig das Schwefelwasserstoffgas für das Mittel, dessen sich die Natur jetzt bedient, um den Gyps und Schwefel, sowohl in der Solfatara von *Puzzuoli*, als auf den *Aeolischen* Inseln, und in den Niederschlägen mehrerer hepatischer Mineralwasser zu bilden. So fand er **) eine Menge Schwefel als Absatz aus den Schwefelwassern unter *Pujo* bei *Garigliano*, bei *Sanno* und bei *Castel a Mare*, über welchen ein Nebel von Schwefelwasserstoffgas hängt. In den Wänden der Spalten in der Solfatara von *Puzzuoli*, aus welchen das erhitzte Schwefelwasserstoffgas hervordringt, nahm er keine bemerkenswerthe Erscheinung wahr; so wie es sich aber mit der atmosphärischen Luft mengte, erblickte er an den Wänden der Spalten kleine Wassertropfen, die sich allmählig vergröfserten. Beobachtet man sie von dem ersten Augenblicke ihrer Entstehung an, so sieht man in ihnen einige gelbe Staubpünctchen, welche sich mit zunehmender Gröfse der Tropfen mehren, und die nichts anderes, als Schwefeltheilchen sind. Breislak richtete sogar im Krater der Solfatara einen künstlichen Springbrunnen ein, welcher täglich mehr, als 3000 Pinten Wasser lieferte, indem er das Schwefelwasserstoffgas in Röhren circuliren liefs, wobei die inneren Wände derselben sich nach einiger Zeit mit Schwefelkrystallen bedeckten.

Von dem Vorkommen bedeutender Quantitäten Schwefel in der Solfatara am Berge *Idjen* u. s. w. in *Java* ist schon (Bd. I. S. 651) die Rede gewesen.

Der Absatz des Schwefels in der Kaiserquelle zu *Aachen* zeigt gleichfalls, wie sich derselbe durch Zersetzung von Schwefelwasserstoffgas bildet. Man findet dort manchmal zwei Centner Schwefel, wenn der grofse Stein, der diese Quelle bedeckt, nach etwa 20 Jahren abgenommen wird. Ich selbst habe beim Oeffnen derselben bedeutende Quantitäten Schwe-

*) Lehrb. der Geologie, übers. von Strombeck. Braunschweig 1820. Bd. V. S. 262.

**) Topographia Physica della Campania etc. Firenze 1798. — Im Auszuge von Leop. v. Buch in Gilb. Annal. Bd. V. S. 398.

fel gefunden. Er enthielt etwas Gyps in kleinen krystallinischen Blättchen und eine organische Materie, die sich mit dem Schwefel aus dem Wasser oder aus den Dämpfen abgesetzt hatte. Vielleicht dafs der meiste Schwefel, welcher von zersetztem Schwefelwasserstoffe herrührt, organische Ueberreste enthält, da dieses Gas so häufig in Gesellschaft organischer Substanzen auftritt. Nach Vauquelin *) soll der gediegene Schwefel meist Bitumen enthalten.

Der Gyps in jenem Schwefelabsatze aus der *Kaiserquelle* hat sich ohne Zweifel durch theilweise Oxydation des Schwefels und aus dem kohlensauren Kalke im Thermalwasser oder aus dem Marmor, in welchem die Quelle gefafst ist, gebildet. Dieser Marmor erscheint wenigstens durch die Wasserdämpfe und durch die Gasexhalationen so zersetzt, dafs ich breiartige Massen davon mit den Händen abnehmen konnte.

Der Absatz von Schwefel aus der *Kaiserquelle* zeigt, wie selbst sehr geringe Quantitäten Schwefelwasserstoff hierzu hinreichen; denn nach Monheim beträgt dieses Gas nur $\frac{1}{2}$ Proc. von dem Volumen des Wassers.

Die Abscheidung des Schwefels aus Schwefelwasserstoffgas zeigt sich in den Schwefelquellen selbst. So lange dieselben nicht mit der Luft in Berührung kommen, bleibt das Wasser vollkommen klar; so wie aber die Luft darauf einwirkt, opalisirt es auf der Oberfläche, und wird durch ausgeschiedenen Schwefel milchig. Die See'n in den Solfataren zeigen dieselben Erscheinungen.

Durch Zersetzung schwefelsaurer Salze mittelst organischer Substanzen und Ueberreste auf nassem Wege scheidet sich Schwefel ab. Diese Salze zersetzen sich hierbei in Schwefelmetalle (Schwefellebern) und diese wiederum durch die gleichzeitig gebildete Kohlensäure in Schwefelwasserstoff und kohlensaure Salze.

Auf diese Weise bildet sich bei *Lubin*, 3 Meilen von *Lemberg*, Schwefel **). Dort stöfst eine mit Heftigkeit aufsteigende Quelle, nebst kleinen Splittern von Holz, von Blät-

*) Schweigger's Journ. Bd. XXXXI. S. 121.

**) Walcher in v. Moll's Jahrb. der Berg- und Hüttenkunde. Bd. IV. erste Liefr. S. 195 ff.

tern, von zerrissenem Torf und feinem Sande, Stücke Schwefel aus, die aschgrau und so grofs wie ein Sandkorn, auch wohl kleiner sind. Das sehr stark nach Schwefelwasserstoff riechende Wasser bildet da, wo es nicht geschwind abfliefsen kann, einen Morast, der mit Torfgrund umgeben ist. Es hatte sich daselbst nach und nach ein Vorrath von 500 Centnern Schwefel angehäuft. Auch zu *Sklo*, westwärts von *Lemberg*, zu *Mikulince* in *Podolien* und an mehreren anderen Orten finden sich Schwefelquellen in Menge. Dafs aller Schwefel, den diese Quellen absetzen, von zersetztem Gypse herrührt, liegt aufser allem Zweifel; denn Walcher fand, als er in der Umgegend von *Lubin* kleine Schächte durch die Dammerde bis auf das feste Gestein niedersinken liefs, meistentheils zersetzten Gyps mit Drusen, worin grauer Schwefel safs, so wie ihn jene Quelle auswirft. Der graue, blätterige Gyps gab einen sehr widrigen stinksteinartigen Geruch, wenn er gerieben wurde.

Höchst wahrscheinlich hat der Schwefel, den man in Braunkohlen, wie zu *Artern*, zu *Frielendorf* bei *Ziegenhain* *), zu *Kommotau* in *Böhmen* **), auf dem *Radobojer* Werke in *Croatien* ***) u. s. w., und im Quarzsande der Braunkohlen - Formation zu *Roisdorf* bei *Bonn* findet, einen ähnlichen Ursprung. Es liegen sogar Beispiele vor, dafs sich auf, in Sammlungen aufbewahrten Braunkohlen, Schwefelkrystalle gebildet haben †). Ob dieser Schwefel als solcher in den Braunkohlen existirt habe und durch Efflorescenz auf die Oberfläche gekommen, oder ob er durch Zersetzung beigemengter schwefelsaurer Salze erst entstanden sei, ist schwierig zu entscheiden.

Breislak beobachtete in der Solfatara zu *Puzzuoli*, dafs das Schwefelwasserstoffgas, wenn es nicht bedeutend er-

*) Stripelmann und Bunsen im neuen Jahrb. für Mineral. 1843, S. 809.

**) Marx fand in der Braunkohle bei *Helmstädt* zum Theil vollständig ausgebildete Schwefelkrystalle. Erdmann's Journ. 1837. Bd. X. S. 53.

***) Neue Jahrb. f. Mineral. 1845. S. 237.

†) Meine Abhandl. a. a. O. S. 141 ff.

hitzt ist, bei seiner Berührung mit atmosphärischer Luft keinen Schwefel absetzt, sondern Schwefelsäure erzeugt. Kommt diese Säure mit kohlensaurem Kalke zusammen, so bildet sich Gyps. Derselbe treffliche Beobachter *) fand am Kalke oder vulkanischem Tuffe, in der Nähe der Wasser zu *Sinuessa* im Königreiche *Neapel*, Gyps-, Alaun- und Eisenbeschläge, die mit Schwefelstaube bedeckt waren. Es ist nur das Schwefelwasserstoffgas dieser Quellen, dem er diese Bildungen zuschreibt. Covelli **) fand gleichfalls, als er 1823 in den Krater des *Vesuv's* hinabstieg, die schönsten Krystallisationen von Gyps und Schwefel, welche von den aus Wasser, Schwefelwasserstoff und Salzsäure bestehenden Fumarolen herrührten. In einer Fumarole hatten die Dämpfe 56°, in einer andern 64° Temperatur; 6 Zoll tief in der Fumarole war aber die Temperatur 72° R. Nach Covelli und Monticelli soll sich in diesem Krater überhaupt nur Schwefel absetzen, wenn die Temperatur seiner Oberfläche unter 80° ist.

Die gleichzeitige Bildung von Gyps und Schwefel kann auf künstlichem Wege bewirkt werden, wenn Schwefelwasserstoffgas mit Kreide in Berührung kommt. Als dieses Gas 12 Stunden lang in Kreide, welche mit Wasser zu einer milchigen Flüssigkeit angerührt war, strömte, bildete sich Gyps, und ebenso, als es in trocknes Kreidepulver 72 Stunden lang strömte und letzteres 14 Tage lang stehen blieb. Wurde das Gas bis ungefähr 80° R. erhitzt, so schied sich in der Gasleitungsröhre, wo es mit Luft in Berührung gekommen war, Schwefel ab ***). Man kann also leicht begreifen, wie mäfsig erhitztes Schwefelwasserstoffgas, in ein Kalklager anhaltend strömend, Gyps bildet und Schwefel absetzt, sofern der Zutritt der atmosphärischen Luft nicht ausgeschlossen ist.

Wenn einer Seits aus Gyps, welcher mit bituminösen Substanzen getränkt ist, durch Zersetzung Schwefel ausgeschieden wird: so geschieht es anderer Seits, dafs Schwefelwasserstoffgas, Kalkschichten durchströmend, die Bildung von Gyps und Schwefel gleichzeitig bewirkt. Das so häufige Zu-

*) A. a. O. Bd. II. S. 264.

**) Poggend. Annal. Bd. X. S. 496.

***) Meine Abhandlung a. a. O. Bd. VI. S. 147 ff.

sammenvorkommen dieser beiden Substanzen läfst sich nicht auf andere Weise deuten.

Ueber das Vorkommen des Schwefels in *Sicilien*, in dem Haupt-Schwefel-Magazin für einen grofsen Theil von *Europa*, verdanken wir dem verstorbenen Fr. Hoffmann *) sehr interessante Mittheilungen. Später gab auch Adrien Paillette **) hierüber einige Nachrichten, welche aber jenen Mittheilungen nichts neues zufügten. Wir werden darauf später zurückkommen.

Auf einer Insel, wo vulkanische Thätigkeiten seit den ältesten Zeiten im grofsartigen Maafsstabe stattgefunden haben, und noch stattfinden, möchte man auf Schwefelwasserstoff-Exhalationen aus Solfataren, von denen die dortigen enormen Schwefellager herrühren, schliefsen. Eigentliche Solfataren sind es aber keineswegs, welche diesen Schwefelreichthum geliefert haben. Dennoch führen alle Verhältnisse zu der sicheren Vermuthung, dafs es nichts anderes, als Schwefelwasserstoffgas ist, aus welchem sich auch dort aller Schwefel abgeschieden hat. Noch jetzt strömt in den Umgebungen von *Sciacca* ein aufserordentlicher Reichthum an Schwefelquellen, deren Wärme bis auf 45° R. steigt. Wie dort die Bedingungen zur Entwicklung jenes Gases in einem besonders hohen Grade gegeben sind, zeigt ein merkwürdiges Ereignifs der neuern Zeit.

Als nämlich eine neue Insel an der Südküste *Siciliens* im Jahre 1831 aus der Tiefe des Meeres emporstieg, war die Schwefelwasserstoff-Entwicklung so bedeutend, dafs man sie, ohne eine Ahnung von ihrem Ursprunge zu haben, in *Sicilien* sehr deutlich riechen konnte, und dafs in dem 8 Meilen davon entfernten *Sciacca* Silbergeräthe dadurch deutlich angegriffen wurden. Beim Umschiffen der neuen Insel am 26. Sept. 1831 nahmen Hoffmann und seine Begleiter gleichfalls diesen Geruch wahr, und einige Sicilianer aus *Sciacca*,

*) Geognost. Beobachtungen gesammelt auf einer Reise durch Italien und Sicilien, in den Jahren 1830—1832. Karsten's und v. Dechen's Archiv u. s. w. Bd. XIII.

**) Recherches sur la composition géologique des terrains qui renferment en Sicile et en Calabre le soufre et le succin. Comptes rendus 1843. No. 18.

in Gesellschaft eines Engländers, sahen am 25. August an der Südwestseite der Insel, nahe dem Meeresspiegel, eine ansehnliche Spalte, aus welcher ein dichter schwarzer Rauch hervordrang, der sehr stark nach Schwefel roch und das Athmen erschwerte *). Abich **) erhielt 7 Jahre nach dem Emporsteigen dieser Insel von *Gemellaro* Schlacken, welche beim Zerbrechen oder Reiben einen lebhaften Geruch nach Schwefelwasserstoff zeigten.

Wenn beim Erscheinen und alsbaldigen Verschwinden dieser Insel, von nur 3000 Fufs im Umfange, solche bedeutende Schwefelwasserstoff-Entwicklungen eintraten: so mögen sie auch bei der einstigen Erhebung *Sicilien's* stattgefunden haben. Jedoch auch diese Exhalationen waren es wohl nicht, wenigstens nicht unmittelbar, wovon die dortigen Schwefellager abstammen.

Um sich von der Bedeutung eines Phänomens, wie diese Exhalationen sind, einen Begriff zu machen, wollen wir die Kohlensäuregas-Entwicklung aus einer Quelle in dem *Brohlthale*, in der Nähe des *Laacher-See's*, (Bd. I. S. 275), welche in 24 Stunden ungefähr 700 Pfund Kohlensäure liefert, zum Maafsstabe nehmen. Entwickelte sich irgendwo dem Volumen nach, eben so viel Schwefelwasserstoffgas, so würde es, dem Gewichte nach, ungefähr 500 Pfund betragen. Wenn sich die Hälfte davon zu Schwefelsäure oxydirte, die sich mit Kalk vereinigte: so würden sich sehr nahe 1000 Pfd. wasserfreier Gyps bilden. Zerfielen gleichzeitig die übrigen 250 Pfund Schwefelwasserstoff durch Oxydation des Wasserstoffs in Schwefel und Wasser, so würden sich 234,5 Pfd. Schwefel abscheiden. Die ganze Menge Schwefelwasserstoff von 500 Pfund würde 264 Pfd. Wasser liefern. Es fordern aber 1000 Pfd. schwefelsaurer Kalk 264,5 Pfund Krystallwasser. Unter der Voraussetzung, dafs sich die Hälfte des Schwefelwasserstoffs zu Schwefelsäure oxydirte, und dafs sich aus der anderen Hälfte der Schwefel abschied, wurde durch Oxydation der ganzen Menge Wasserstoff gerade so viel Wasser gebildet, als der Gyps nöthig hatte, um krystallisirten Gyps zu geben.

*) Poggend. Annal. Bd. XXIV. S. 82 u. 85.

**) Geol. Beob. S. 73.

Wirkte eine solche Schwefelwasserstoff-Exhalation auf eine Kalkschicht nur tausend Jahre lang, so konnte ein Gypslager von 556 Fufs Länge und Breite und von 10 Fufs Mächtigkeit, und ein Schwefellager von gleicher Fläche und von 2 Fufs Mächtigkeit gebildet werden. Nehmen wir hunderttausende von Jahren für die Dauer solcher Exhalationen, und tausende von solchen Gasquellen: so kommen wir auf Gyps- und Schwefellager, welche sich mit den gröfsten, welche wir kennen, messen können.

Schwefelwasserstoff ist ein Gas, welches sehr häufig Dämpfen beiwohnt, die sich im letzten Stadium vulkanischer Thätigkeiten entwickeln. Nicht blofs die uns nächsten Solfataren liefern Beispiele; alle Nachrichten von entfernteren Vulkanen, welche im Zustande einer Solfatara sich befinden, sprechen von Schwefeldämpfen und Schwefelgerüchen. Die Vulkane auf *Java* z. B. bieten grofsartige Zeugnisse dieser Art. Wenn auch jene von Reisebeschreibern gebrauchten Ausdrücke unbestimmt sind, und manchmal darunter Schwefligsäuregas verstanden werden mag, so ist gewifs nicht zu zweifeln, dafs es bei weitem in den meisten Fällen Schwefelwasserstoff-Exhalationen waren, welche wahrgenommen worden sind.

Leop. von Buch's gehaltreiche Abhandlung über die Natur der vulkanischen Erscheinungen auf den *canarischen* Inseln, und ihre Verbindung mit anderen Vulkanen der Erdoberfläche *), giebt viele Nachrichten über solche Exhalationen, Schwefelgerüche, Solfataren, Schwefelquellen, Absätze von Schwefel u. s. w. Auch in den Vulkanen *Süd-Amerika's* fanden von Humboldt und Boussingault Schwefelwasserstoff in den Wasserdämpfen. Des Ersteren Forschungen über das Innere von *Asien* haben das Dasein der grofsartigsten unter den bis jetzt bekannten Solfataren, welche in der *chinesischen Tartarei* bei der Stadt *Urum-tsi* liegt, und, nach mehrfach übereinstimmenden Aussagen, einen Umfang von etwa 15 Stunden haben soll, dargethan **). Auch die *Sol-*

*) Poggend. Annal. Bd. X. St. 1—4.

**) Ritter's Erdkunde. Bd. II. S. 386.

fatara Dofane in *Abyssinien* scheint, nach Rochet *), eine grofse Ausdehnung zu haben.

Mit wenigen Worten gedenken wir noch des vulkanischen *Island's* mit seinen Schwefellagern in Begleitung mit Gyps. Dort bildet sich jetzt noch Schwefel in gewissen Minen, welche man defshalb lebendige nennt, im Gegensatze der todten, wo diese Bildung erstorben ist **). Jene arbeiten sehr schnell, und wird in einem Jahre auch aller Schwefel weggenommen, so findet sich im nächsten schon wieder eine Lage von 1 bis 2 Zoll. Hier ist es nur allein Schwefelwasserstoffgas, welches durch seine Zersetzung den Schwefel liefert. Die Fumarolen aus Spalten in den Kratern des obern Plateau des *Hekla* setzen gleichfalls Schwefel, und ohne Zweifel aus Schwefelwasserstoff ab ***).

Untersuchen wir überhaupt, ob eine andere Bildung, als aus Schwefelwasserstoff gedacht werden kann. —

Dafs sich ein so leicht sublimirbarer Stoff, wie Schwefel, aus dem heifsen Erdinnern sublimiren würde, wenn er dort vorhanden wäre, wird Niemand in Zweifel ziehen. Sublimations-Producte würden nirgends mehr, als in Gangspalten, die bis zu solchen Tiefen reichen, wo Sublimationshitze herrscht, oder in den Kratern der Vulkane zu vermuthen sein. Dort finden wir ihn aber nur äufserst selten, und, wie wir sehen werden, nicht als eine ursprüngliche, sondern als eine secundäre Bildung. Hier kommt er zwar häufiger, aber ebenfalls nur als eine secundäre Bildung vor; denn wie könnte er in dem Heerde der Vulkane, in Berührung mit Oxyden als solcher existiren? Eine unmittelbare Sublimation in dem Krater der Vulkane ist nur denkbar, wenn er sich in Verbindungen, wie z. B. im Schwefelkiese, befindet, welche in der Hitze einen Theil ihres Schwefels fahren lassen, oder wenn er sich nach dem Ende vulkanischer Wirkungen aus Fumarolen absetzt, und, bei dem Eintritte neuer Eruptionen, sich durch die zunehmende Hitze als solcher verflüchtigt.

Schwefligsäuregas gehört zu den Exhalationen der Vul-

*) Comptes rendus T. XII. No. 21.

**) Garlieb's Island u. s. w. Freiberg 1819.

***) Descloizeaux in Compt. rend. V. XXIII. No. 17. 1846.

kane (Bd. I. S. 646). Es ist jedoch kein anderer Procefs denkbar, wodurch der Schwefel aus dieser Verbindung abgeschieden werden könnte, als durch eine Begegnung mit Schwefelwasserstoffgas, wie dieses v. Humboldt *) an der Mündung des Vulkans von *Purace* in den *Andes* beobachtet hat. Ein solcher Fall gehört indefs zu den grofsen Seltenheiten. Wir werden also immer wieder zu den Schwefelwasserstoff-Exhalationen, als der Hauptquelle des gediegenen Schwefels, zurückgeführt.

Müssen wir selbst den Schwefel, welcher als ein Product vulkanischer Wirkungen erscheint, für eine secundäre Bildung halten: so ist diefs noch mehr der Fall bei seinem häufigen Vorkommen in sedimentären Gebilden, wie im Gyps, Kalk, Mergel, Thon u. s. w. Dieses Vorkommen schliefst Sublimationen aus der Tiefe noch mehr aus; nur Schwefelwasserstoff-Exhalationen führten ihn von unten nach oben, oder Zersetzungs-Processe schwefelsaurer Salze durch organische Ueberreste schieden ihn an Ort und Stelle aus.

Auch das Vorkommen des Schwefels in Drusenräumen von Trachyt, Glimmerschiefer, Lava, Sandstein, in hohlen Räumen von Feuerstein - Geschieben u. s. w., hat gewifs keinen anderen Ursprung, als aus Schwefelwasserstoff - Exhalationen, welche diese Gesteine durchzogen haben.

Dagegen hat der Schwefel in Erzgängen, die Schwefelmetalle führen, einen anderen Ursprung. Kommt er in Begleitung von Bleiglanz und kohlensaurem Bleioxyd (*Littfeld* und *Willnsdorf* im *Siegen'schen*, auf der Grube *Lomo del Tores* unfern *Zimapan* in *Mexico*, zu *Fondon* in *Spanien*, wo er in den zierlichsten Krystallen in den Drusenräumen von Bleiglanz sitzt) vor: so ist der Procefs seiner Entstehung nicht zweifelhaft. Das kohlensaure Bleioxyd ist, wie schon seine Umwandlungs-Pseudomorphosen nach Bleiglanz andeuten, offenbar durch Zersetzung aus Bleiglanz entstanden. Der in seiner Nähe gefundene Schwefel kann daher nur von diesem zersetzten Bleiglanze herrühren. Wir werden diese Zersetzungsprocesse später näher kennen lernen **). Auch der Schwe-

*) Annal. de chim. et de phys. 1824. Oct. p. 121.

**) Vergl. meine Abhandlung S. 153. Anm.

fel, welcher sich, wie zu *Tarnowitz* in *Schlesien*, auf Bleierde findet, hat gewifs denselben Ursprung, da die Bleierde gleichfalls ein Zersetzungsproduct des Bleiglanzes ist.

Der Schwefel, in Begleitung anderer Schwefelmetalle, wie Kupferkies, Eisenkies, ist, wie nicht zu zweifeln, gleichfalls aus der Zersetzung derselben hervorgegangen.

Der Schwefel, welchen man als Sublimat von Steinkohlen-Bränden findet, und der sogar schön krystallisirt erscheint, rührt wahrscheinlich von einer Zersetzung der Schwefelkiese durch Hitze her.

Fassen wir alle Thatsachen über das Vorkommen des Schwefels zusammen, so kommen wir zu dem sichern Schlusse, dafs er nirgends ein ursprüngliches Erzeugnifs sein könne, sondern, was seine Hauptfundorte betrifft, durch Zersetzung von Schwefelwasserstoff entstanden ist.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen wollen wir dem Vorkommen des Schwefels in der Hauptniederlage *Europa's*, in *Sicilien*, unsere Aufmerksamkeit schenken.

Unser Landsmann, der ausgezeichnete Beobachter Fr. Hoffmann berichtet *), dafs der Schwefel zwar in der Nähe der grofsen Gypsmassen in *Sicilien* vorkommt, aber gewöhnlich im Kalkstein, Mergel und Thon, der mit ihm abwechselt und bei weitem nicht von einer so grofsen Ausdehnung, als der Gyps selbst, ist. Das Steinsalz hat dort wahrscheinlich eine viel gröfsere Verbreitung, als gegenwärtig bekannt ist: das Vorkommen vieler Salzquellen, sogar salziger Flüsse und Bäche, das Massenhafte des Steinsalzes, wo es zu Tage tritt, wie auf dem rechten Thalabhange des *Salso*, in der Nähe von *Priolo*, wo es an einem etwa 100 Fufs hohen Thonabsturze bis 50 Fufs hohe Felsen bildet, rechtfertigt diesen Schlufs. Alle bekannten Steinsalz-Puncte begleiten den Schwefel am nördlichen Rande seiner Verbreitung, und sind mit dem allgemeinen Begleiter des Steinsalzes, mit dem Gyps und Thon, in Gesellschaft.

Wir folgen Hoffmann in der Beschreibung der wichtigsten Schwefelgruben *Siciliens*.

Am Abhange eines Hügels aus löcherigem Kalksteine

*) A. a. O.

(Colle tondo) an der Südküste vom *Capo Bianco* bis *Terranova*, liegt die *Solfara grande*, ein grofser ausgewühlter Raum voll Löcher. In einer der nördlichen Gruben von 40 Fufs Tiefe ist der Kalkstein löcherig und zerfressen, wie ein Schwamm. In allen Löchern sind kleine Schwefeldrusen und Ueberzüge; oft liegen zollstarke derbe Schwefelstücke darin. Mit dem Schwefel kommen stets Kalkspath-Ueberzüge und Nester vor. Die Vertheilung des Schwefels ist sehr ungleichförmig und wohl an gröfsere Hauptklüfte gebunden. Die Temperatur in dieser Grube steigt bis 28° R. Es entwickeln sich fortwährend Schwefeldämpfe, welche sich an den Wänden niederschlagen.

Dafs diese Dämpfe nichts anderes, als Wasserdämpfe sind, welche wahrscheinlich nur sehr geringe Quantitäten Schwefelwasserstoff enthalten, ist nicht zu bezweifeln.

Oben zwischen den Schwefel-Gruben liegt eine etwa 6 Fufs mächtige Gypsschale, verworrene Blöcke bildend und von dunkel rauchgrauer Farbe. Tiefer hinab liegt die gegen 200 Fufs tiefe Hauptgrube. Man steigt durch roh zerklüfteten Kalkstein, voll von kleinen Bläschen und feinen runden Körnern, wie Milliobiten, hinab. Erst in einer ansehnlichen Tiefe beginnen die Schwefeldrusen, welche ganz den vorher erwähnten gleichen; doch sind sie oft gröfser und in ihnen Strontian-, selten Gypskrystalle enthalten. Unten zeigt sich dieselbe Wärme, wie in der kleinern Grube, scheinbar strichweise vertheilt, wie die Schwefelmenge. Wassertropfen hängen an kleinen stalaktitischen Schwefelzapfen, welche noch in der Fortbildung begriffen zu sein scheinen.

In der Nähe von *Fovara* kommt der Schwefel deutlich in Gangtrümmern im Kalksteine, als Ausfüllung von Höhlungen, welche gleichzeitig mit Kalkspathdrusen überzogen sind, vor. Viel seltener enthält der Gyps etwas Schwefel und dann zugleich in Höhlungen Drusen von Kalkspath, während sich anderer Seits auch im löcherigen Kalksteine Gypsdrusen finden.

Die sehr ausgedehnten Solfaren auf dem linken Ufer des *Fiume di Naro* liegen in verhärtetem Kalkmergel, der theils viele Gypsschnüre, theils einzelne eiförmige Gypsknollen enthält. Der Gyps findet sich besonders auf den Klüften und

bildet auf denselben schieferartige Ueberzüge, Flecke und Ausfüllungen von Höhlungen. Mit dem Vorkommen des Schwefels hängt auch hier eine ungewöhnlich hohe Temperatur zusammen.

In der Nähe von *Ragalmuto* bildet der Schwefel schöne Drusen im Kalkmergel; sie haben gewöhnlich einen Ueberzug von Kalkspath, seltener führen sie Strontian. Vieler Schwefel kommt auf Klüften des Kalkmergels vor. An einer andern Stelle, südlich von *Caltanisetta*, bildet der Schwefel im Kalkmergel Drusen und Streifen, oft so dicht, dafs das Gestein breccienartig wird, zuweilen Gypstrümmer, häufiger noch Gypsdrusen, und hier, wie überall, Kalkspathdrusen mit dem Gyps zusammen. Zwischen *Caltanisetta* und *Castrogiovanni* füllt der Schwefel eine Kluft im weifsen erdigen Kalksteine, oder in einem sandigen groben Mergelschiefer aus.

In einem Gypshügel zwischen *Castrogiovanni* und *Valquarnera* liegen an beiden Abhängen grofse Solfaren, *Cara Pape* genannt. In ihrem Innern findet sich eine breccienartige, rohe Bildung aus Kalkstücken mit schwarzem und grauem Thone, worin der Schwefel theils als Ausfüllungsmasse aller Klüfte, theils als ringförmige Kruste der einzelnen Kalkstücke auftritt. Mit ihm finden sich Kalkspathtrümmer und Drusen ein, aber, was seltener und interessanter ist, schöne Gypsdrusen mit 1 bis 2 Fufs langen Gypskrystallen. Klüfte, die nach allen Richtungen durch die Gebirgsmasse hindurchsetzen, sind theils an den Wänden mit langen spiesigen Gypskrystallen überzogen, theils ganz mit kleinen strahlig blättrigen Gypsadern durchsetzt. Die ganze Schwefel-führende Gebirgsmasse ist von einer Schale grofsblättrigen Gypses umgeben, von Gypsadern durchzogen und enthält einzelne sehr schwefelreiche Kerne. Die Gypskrystalle scheinen sich stellenweise noch fortdauernd zu bilden.

Die ganze Schwefel-führende Bildung *Sicilien's* hat, nach Hoffmann, das Alter der Kreide oder der jüngsten unter den bekannten secundären Bildungen. Niemals fand er den Schwefel in einer evident tertiären Formation *).

*) Der Schwefel am *Rio de lo Zolfo* bei *Jano* in *Modena* soll, nach Russegger (neue Jahrb. für Mineral. Jahrg. 1844. S. 780)

Aus dem angeführten Vorkommen des Schwefels ersieht man, daſs zwar eine oft sehr mächtige Gyps-Bildung alle dortigen Schwefelgruben umgiebt, daſs aber niemals der Gyps selbst, sondern der ihm nahe liegende Kalkstein oder die Thonschichten die eigentliche Schwefel-führende Gebirgsart bilden. Der Gyps dient dem Schwefel in den Gruben theils als Decke, theils als Unterlage, theils durchsetzt er auch die schwefelhaltigen Gesteine in sehr ausgezeichneten Gangtrümmern. Er selbst enthält aber den Schwefel nur als seltene Ausnahme und dann immer in ganz unbedeutender Menge.

Der Schwefel ist dem Kalksteine und den ihn begleitenden Thonschichten niemals gleichförmig beigemengt, wie es sein müsste, wenn die Bildung dieser Gesteine mit dem Schwefel eine ununterbrochen gleichzeitige gewesen wäre; sondern er findet sich nur in zahlreichen Klüften oder Höhlungen.

Die Art, wie wir den Schwefel so häufig in Klüften und Höhlungen der, von schwefelhaltigen Wasserdämpfen noch fortwährend durchzogenen, Gebirgsarten der vulkanischen Districte von *Italien*, unter unsern Augen, sich fortbilden sehen, gestattet, bemerkt Hoffmann, keinen Zweifel, daſs auch die Schwefelbildung *Sicilien's* durch dieselben äuſseren Ursachen entstanden sein müsse. In einer Periode, welche der Bildung des jüngsten secundären Gebirges unmittelbar folgte, ist ein groſser Theil von *Sicilien*, in einem Flächenraume von etwa 150 geogr. Quadratmeilen, den Einwirkungen mit Schwefel beladener Wasserdämpfe in einer Weise ausgesetzt gewesen, wie es die Fumacchien in der *Maremma Toscana* jetzt noch zeigen. Diesem groſsartigen Processe vulkanischer Thätigkeit verdankt, nach Hoffmann, mit gewiſs sehr groſser Wahrscheinlichkeit, die dort auftretende Schwefelmasse ihren Ursprung.

Ueberall, wo der Schwefel sich gediegen absetzen konnte, finden wir ihn oft in vollkommenen Krystallen in Klüften und Höhlungen. Wo aber die Hitze und der Zutritt der Luft seine Verbindung mit dem Sauerstoffe begünstigte, bildete er Schwe-

ein ähnliches Vorkommen, wie in *Sicilien* haben. Er soll aber entschieden unter dem Gypse liegen.

felsäure und mit dem Kalke Gyps, welcher die Absätze des Schwefels umgiebt.

Bemerkenswerth sind endlich noch die Schwefelgänge im Gneifs und Granit bei dem Orte *Fetenti* bei *St. Giorgio*, östlich vom *Capo Calava*, welche selbst zur Gewinnung des Schwefels Veranlassung gegeben haben.

Paillette stimmt mit Hoffmann überein, dafs die Schwefellager *Sicilien's* in der Kreide-Formation sich finden. Das eigentliche Schwefellager wird indefs von dem azurblauen Mergel über der Kreide gebildet, worin der Schwefel, wie Barnaba Lavia *) berichtet, in dünnen Schichten, in der Nähe von Anhäufungen von Gyps, oft mit Kochsalz und Ambra vorkommt. Bisweilen sammelt man in diesen Mergeln Asphalt oder Judenpech. Die schwarzen bituminösen Mergellager mit dem eingeschlossenen Schwefel sind durch tertiäre Formationen bedeckt.

Paillette macht aufmerksam, dafs das constante Vorkommen des Schwefels mit Steinsalz und Gyps in *Sicilien*, sich auch in *Spanien*, in den *Pyrenäen* und im nördlichen *Europa* wiederholt, und zwar überall in den obern Schichten der Kreide. So berichtet Lilienbach **), dafs im ganzen Laufe des *Dniesters* und seiner nördlichen Zuflüsse der dichte, körnige oder späthige Gyps, welcher mit Schwefel und Salz begleitet ist, in der weichen Kreide vorkommt. Einige Meilen von *Cracau* spricht sich die Identität der Lagerungsverhältnisse des Schwefels und des Salzes mit denen in *Sicilien* noch deutlicher aus. Nach Delesse ***) findet sich bei *Cracau* eine bituminöse Thon-Formation, die Schwefel und Kochsalz enthält, worin sich Versteinerungen der Kreide und der tertiären Bildungen finden. Er theilt sie der Kreide zu.

Die Berichterstatter von Paillette's Abhandlung (Al. Brongniart, Elie de Beaumont und Dufrénoy) fügen hinzu, dafs der Schwefel sich nicht ausschliefslich in den angegebenen Lagerungs-Verhältnissen finde, sondern selten,

*) Atti dell' Academia Givenia. T. I. p. 301.

**) Bulletin de la Soc. géol. de France. T. I. p. 53.

***) Journ. d'un voyage en Pologne.

vielleicht niemals, an eine bestimmte neptunische Formation geknüpft sei. Das Lager zu *Teruel* in *Aragonien*, in welchem, nach Braun *), Myriaden von Planorbis und Chara in Schwefel umgewandelt sind, zeigt ganz klar, dafs derselbe dort von späterer Bildung, als die tertiäre Süfswasser-Formation und durch eine den Lagerungs-Verhältnissen fremde Ursache eingeführt worden sei.

Die Verknüpfung des Schwefels mit Gyps, Steinsalz und Bitumen führt zu der Annahme, dafs ersterer häufig, wie zu *Teruel*, eine spätere Bildung sei.

In *Sicilien* ist der Schwefel, nach Paillette, nicht die Ursache der Bildung des Gypses, sondern, im Gegentheile, das Product der Zersetzung desselben. Bituminöser Gyps konnte sich, sagt er, in wenig erhöhter Temperatur in Schwefelcalcium, vielleicht mit Ueberschufs von Schwefel, in besonderen Puncten der Schichten, umwandeln, so wie diefs leicht im Laboratorium geschieht, wenn bituminöser Gyps oder reiner Gyps mit sehr bituminösem Thone calcinirt wird. Durch den Einflufs der Gewässer konnten sich dann von neuem krystallisirter Gyps und krystallinischer Schwefel bilden, so wie sie in den Schwefelminen *Sicilien's* gefunden werden. Die mit Schwefelwasserstoff gesättigten Quellen in den Schwefelminen von *Riesi* und *Summatino*, die ungestümen Gasausbrüche, die bisweilen den Tod der Bergleute herbeiführen, sind, wie die Berichterstatter bemerken, Beweise für Paillette's Theorie. Endlich sollen die wiederholten vulkanischen Erscheinungen in *Sicilien* beweisen, dafs es an der, zur Umwandlung des Gypses in Schwefel nöthigen Wärme nicht fehlte.

Die Berichterstatter schliefsen mit der Bemerkung, dafs es hinsichtlich der Bildung von Gyps dermalen zwei Hypothesen gäbe, wovon die eine sie den schwefligsauren Dämpfen zuschreibe, die, aus dem Innern der Erde sich entwickelnd, durch die Kalkschichten sich verbreiten und dieselben in Gyps umwandeln, während die andere den Gyps auf neptunischem Wege entstehen, und durch seine spätere Zersetzung daraus Schwefel abscheiden läfst. Nach ihnen kann man, zur Unter-

*) Bull. de la Soc. géol. de France. T. XII. p. 169.

stützung der einen oder der anderen dieser Hypothesen, viele Thatsachen anführen, welche mit den chemischen Erscheinungen in unsern Laboratorien in Uebereinstimmung sind. Sie halten beide Hypothesen, je nach Verschiedenheit der Umstände für gleich wahrscheinlich. So scheint ihnen die geringe Menge Schwefel, die man in dem Bassin von *Paris* findet, das Product der Zersetzung des Gypses zu sein, dagegen der Schwefel von *Salies* in den *Pyrenäen* mit mehr Wahrscheinlichkeit auf plutonische Wirkungen hinzudeuten.

Wir werden weiter unten sehen, dafs die Bildung des Gypses aus schwefligsauren Dämpfen nicht die mindeste Wahrscheinlichkeit habe.

Paillette zeigt eine geringe Bekanntschaft mit längst bekannten Thatsachen. Er erwähnt nicht des so häufigen Vorkommens des Schwefels in der Nähe von Schwefelquellen und Schwefelwasserstoff-Exhalationen, wovon ich in der oben (S. 138) angeführten Abhandlung viele Beispiele angeführt habe. Ebenso wenig scheint er die oben (S. 139) erwähnten Beobachtungen Breislak's und die daraus gezogenen Schlüsse gekannt zu haben.

Die Vermuthung Paillette's, dafs in *Sicilien* der Gyps durch organische Ueberreste zerlegt werde, welche die Berichterstatter eine sinnreiche Theorie zu nennen belieben, ist nichts weniger, als eine Erfindung von ihm; denn ich habe hierüber schon vor 14 Jahren folgendes bemerkt *): „Nach den mitgetheilten Beobachtungen dürfen wir es wohl als erwiesen ansehen, dafs der Gyps auf nassem Wege durch Kohle zerlegt wird. Es ist also nur die Gegenwart kohlenstoffhaltiger Substanzen und Wasser erforderlich, um eine Zersetzung des Gypses zu veranlassen. Während dieser Zersetzung entwickelt sich aber Kohlensäure, welche wiederum, beson-

*) A. a. O. S. 144 ff. Schon die Inhalts-Anzeige meiner Abhandlung „Bildung des Schwefels in und durch Mineralquellen, durch Schwefelwasserstoffgas- oder Schwefligsäuregas-Exhalationen oder durch vulkanische Wirkungen. Fortführung des Gypses durch Quellen und Bildung desselben, mit und ohne Schwefel, durch Schwefelwasserstoffgas- und Schwefligsäuregas-Exhalationen u. s. w. zeigt zur Genüge die verhandelten Gegenstände an.“

ders wenn sie in gröfseren Massen einwirkt, eine Zersetzung des gebildeten Schwelcalcium bewirken wird. Die Folge davon ist die Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas und die Umwandlung des Gypses in kohlensauren Kalk. Kommen diese Schwefelwasserstoffgas-Ströme, und zwar im erhitzten Zustande, nach Breislak's Beobachtung, mit atmosphärischer Luft in Berührung, so veranlassen sie einen Schwefelabsatz."

Ob Paillette bei der Umwandlung des Gypses den nassen oder den trocknen Weg im Sinne hatte, bleibt unbestimmt. Da er auf die Calcination im Laboratorium hindeutet, so scheint er auch für die Umwandlung in der Natur den letzteren Weg anzusprechen; da er indefs von einer wenig erhöhten Temperatur spricht, so deutet diefs mehr auf den nassen Weg. Schwerlich kann man in den Tiefen, in welchen Gyps vorkommt, die zu seiner Zersetzung auf trocknem Wege erforderliche Temperatur voraussetzen. Wozu hat man auch, da diese Zersetzung auf nassem Wege, wenn gleich viel langsamer, eben so gut wie auf trockenem, erfolgt, eine so hohe Temperatur nöthig? Indefs selbst in dem Falle, dafs sie in der Glühehitze statt hätte, so ist ja doch der Zutritt des Wassers und einer Säure zur Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas aus dem gebildeten Schwefelcalcium erforderlich. Gleichwohl ist nicht zu verkennen, dafs auch die Zersetzung auf nassem Wege durch mäfsig erhöhte Temperatur sehr begünstigt werden mufs.

Es ist bereits gezeigt worden (Bd. I. S. 653), dafs die Zersetzung des Schwefelcalcium auf doppelte Weise erfolgen kann: entweder durch Wasser und Kohlensäure, oder durch Wasser, als Dampf, allein. Für jene Zersetzung reicht die gewöhnliche Temperatur hin, für diese ist Siedhitze, oder doch eine ihr nahe kommende Temperatur erforderlich.

Der Schwefelwasserstoff in kalten Schwefelquellen wird, wie nicht zu zweifeln, durch die vereinte Wirkung des Wassers und der Kohlensäure gebildet. Seine Zersetzung und die Abscheidung des Schwefels kann auch in gewöhnlicher Temperatur erfolgen, wenn er vom Wasser absorbirt ist, wie das Milchigwerden der in offenen Gefäfsen stehenden Schwefelwasser deutlich zeigt.

Auch der Schwefelwasserstoff in heifsen Schwefelquel-

len, oder im Wasserdampfe, wie in den Solfataren, kann durch vereinte Wirkung des Wassers und der Kohlensäure entstehen; letztere ist aber dazu keineswegs wesentlich, da schon dann, wenn Wasserdämpfe mit Schwefellebern (Schwefelcalcium) oder mit anderen Schwefelmetallen (Magnetkies, Kupferkies u. s. w.) in Berührung kommen, Schwefelwasserstoff sich bildet und von jenen Dämpfen fortgeführt wird. Jene Bildungsart aus Schwefelcalcium, welches vom zersetzten Gypse herrührt, ist es höchst wahrscheinlich, wodurch in *Sicilien* Schwefelwasserstoffgas entwickelt worden ist und noch entwickelt wird. Sie erklärt auf die einfachste und ungezwungenste Weise die Entstehung der dortigen Schwefellager.

Breislak's und Hoffmann's Beobachtungen zeigen, dafs Wasserdämpfe stets die Schwefelabsätze begleiten; denn Wassertropfen hängen an den kleinen stalaktitischen Schwefelzapfen. Die von letzterem so sehr hervorgehobene Begleitung des Schwefels von Kalkspath, die Ueberzüge, welche dieser auf jenen bildet, scheinen gleichfalls anzudeuten, dafs es die condensirten Wasserdämpfe waren und sind, welche den kohlensauren Kalk in den Umgebungen des abgesetzten Schwefels auflösten und, nach erfolgter Verdunstung des Wassers, krystallinisch wieder absetzten.

Bei meinen Versuchen (Bd. I. S. 654) wurde erst dann eine Lösung von essigsaurem Bleioxyde gebräunt, als das in der Retorte auf einer Schwefelleber befindliche Wasser bis zum Sieden erhitzt worden, und Wasserdämpfe in jene Auflösung strömten. Dann war aber auch die Entwicklung des Schwefelwasserstoffs so stark, dafs sogleich ein Niederschlag erfolgte. Es ist nicht wahrscheinlich, dafs eine Wirkung, welche in der Siedhitze so intensiv erfolgt, in einer geringeren Temperatur völlig Null sein sollte. Ich nahm daher Veranlassung, den Versuch bei geringerer Temperatur zu wiederholen.

Auf einen geheizten Stubenofen stellte ich eine Schale mit etwas Schwefelcalcium gefüllt, auf welches Wasser gegossen wurde. Die Schale wurde mit Papier bedeckt, welches mit einer Auflösung von essigsaurem Bleioxyd getränkt war. Als die Temperatur in der Schale bis auf 35° R. stieg, war die Bräunung des Papiers schon merklich; bei 40° war

sie sehr deutlich und bei 50° war das Papier dunkelbraun geworden.

Nach diesem Versuche kann es nicht zweifelhaft bleiben, dafs in *Sicilien* schon dann Schwefelwasserstoff gebildet wird, wenn das Wasser, womit das Schwefelcalcium-Lager getränkt ist, nur die Temperatur von 35° hat. Es kann daher nicht befremden, dafs, ungeachtet Hoffmann nur die Temperatur von 28° in der Schwefelgrube von *Solfara grande* beobachtete, dennoch die bei dieser Temperatur sich entwikkelnden Wasserdämpfe Schwefelwasserstoff enthielten.

Man könnte im ersten Augenblicke zu der Vermuthung kommen, dafs die Wasserdämpfe in jener Schwefelgrube aus einer Tiefe kommen, wo Siedhitze herrscht, und dafs sie sich während ihres Aufsteigens bis zu 28° abkühlen. Eine so bedeutende Abkühlung ist aber nicht denkbar; denn kühlten sich auch die Dämpfe damals, als die unterirdischen Dampfentwicklungen begannen, auf ihrem langen Wege durch kältere Schichten ab: so mufsten doch diese durch jene bald so weit erwärmt werden, dafs keine weitere Abkühlung mehr erfolgen konnte. Die Annahme, dafs diese Dämpfe am Orte der Entwicklung Siedhitze haben, ist daher nicht wahrscheinlich; sie mögen etwas über 28° warm sein, vielleicht 35°, aber schwerlich mehr erreichen.

Durch diese Umstände vereinfacht sich der Procefs, wodurch Schwefel in *Sicilien* abgesetzt wurde, immer mehr; denn die Bedingungen, welche ihn voraussetzen, kann man sich überall, wo nur bituminöse Gypslager in mäfsiger Tiefe vorhanden sind, denken. Es ist übrigens einleuchtend, dafs in einem südlichen Klima, wo, wie in *Sicilien*, die mittlere Luft- oder Boden-Temperatur schon 13°,5 erreicht, mithin bituminöse Gypslager nur ungefähr 1667 Fufs unter der Oberfläche zu liegen brauchen, um schon einer Temperatur von 28° ausgesetzt zu sein, jene Bedingungen günstiger sind, als in einem, in hohen Breiten gelegenen Lande, wie z. B. in *Island*, wo wir gleichfalls Schwefellager finden.

Was hindert aber anzunehmen, dafs aus grofser Tiefe aufsteigende heifse Quellen, oder siedendheifse Wasserdämpfe in höheren Teufen, sogar ganz nahe unter der Erdoberfläche, bituminöse Gypslager durchdringen, und eine sehr reichliche

Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas veranlassen? Der grofsen Zahl von heifsen Schwefelquellen in den Umgebungen von *Sciacca* haben wir schon gedacht (S. 143).

Solche Verhältnisse mögen in der Vorzeit auf *Sicilien* und auf *Island* stattgefunden und so reiche Schwefelwasserstoffgas-Entwicklungen veranlafst haben, dafs die Bildung ausgedehnter Schwefellager nichts weniger, als ungewöhnliche Bedingungen und Kräfte, sondern blofs lange geologische Perioden voraussetzt.

Hiernach wird es auch klar, in welcher Weise ein Zusammenhang zwischen den vulkanischen Erscheinungen auf jenen Inseln und dem Vorkommen des Schwefels gedacht werden kann. Dieser Zusammenhang ist darin zu suchen, dafs da, wo vulkanische Thätigkeiten stattfinden, die höhere Temperatur des Erdinnern der Oberfläche näher rückt, und dafs durch vulkanische Eruptionen Zerklüftungen bis zu grofser Tiefe und in weiter Erstreckung um den Vulkan herum entstehen. Jener Umstand kann die Temperatur eines in mäfsiger Tiefe liegenden bituminösen Gypslagers schon bis zu dem Grade steigern, dafs die Zersetzung des Gypses in Schwefelcalcium und durch heifse Gewässer in Schwefelwasserstoff sehr befördert wird. Die Zerklüftung des Gesteins in den Umgebungen des Vulkans macht aufsteigende Quellen möglich, welche gleichfalls eine hohe Temperatur in die obern Teufen bringen. Endlich dürfen wir nicht übersehen, dafs die in vulkanischen Gegenden häufig so reichlichen Kohlensäure-Exhalationen, wenn sie, in Zersetzung begriffene Gypslager durchziehen, die Bildung und Ausscheidung des Schwefelwasserstoffs aus Schwefelcalcium veranlassen können.

Aus allem diesen erhellt, dafs die bituminösen Gypslager *Sicilien's* in gar nicht grofser Tiefe zu liegen brauchen, und doch in einem so schnell fortschreitenden Zersetzungs-Zustande sich befinden können, dafs ununterbrochene Entwicklungen von Schwefelwasserstoff stattfinden und durch die Wasserdämpfe in die obern Teufen geführt werden. Mit der Condensation dieser Dämpfe scheidet sich theils der Schwefel als solcher ab, theils oxydirt er sich und giebt zur Bildung von Gyps im Kalksteine Anlafs.

Hoffmann vergleicht ganz treffend diesen Procefs mit

den Fumacchien in der *Maremma Toscana.* Dieser treffliche Forscher hatte überhaupt, so weit Beobachtung reicht, klarere Begriffe von diesem Processe, als seine Vorgänger und Nachfolger, welche über *Sicilien's* Schwefelgruben berichtet haben. Wenn er diesen grofsartigen Procefs einer vulkanischen Thätigkeit zuschreibt: so mag er sich die Sache vielleicht nicht ganz klar gedacht haben; aber rechten können wir defshalb nicht mit ihm, da auf eine indirecte Weise, wie wir gesehen haben, allerdings die Vulkanität einen Einflufs gehabt haben kann und wahrscheinlich noch haben mag.

Die Wasserdämpfe, welche jetzt noch in den Schwefelgruben *Sicilien's* Schwefel absetzen, können nur sehr wenig Schwefelwasserstoff enthalten; denn Hoffmann erwähnt nirgends, dafs ihm beim Besuche der dortigen Schwefelgruben das Athmen beschwerlich, oder dafs er durch das Schwefelwasserstoffgas nur unangenehm afficirt wurde, wie es hätte geschehen müssen, wenn ein so überaus irrespirables Gas in geschlossenen Gruben nur einigermaafsen angehäuft gewesen wäre.

Dafs in den Gruben *Sicilien's* die Umstände, wodurch aus dem Schwefelwasserstoffgase theils Schwefel abgesetzt, theils Schwefelsäure und Gyps gebildet wurden, sehr verschieden waren, ersehen wir aus den mitgetheilten Beobachtungen Hoffmann's, wonach der Gyps manchmal den Schwefel gar nicht begleitet, während er in der Schwefelgrube *Cara Pape* 1 bis 2 Fufs lange Krystalle bildet. Wo der Schwefel mit Kalkspath überzogen oder in dessen Gesellschaft erscheint, hat sich gewifs keine Schwefelsäure gebildet, sondern es ist alles Schwefelwasserstoffgas in Schwefel und Wasser zersetzt worden.

Da diese letztere Zersetzung viel weniger Sauerstoff, als die Umwandlung in Schwefelsäure fordert, indem bei jener nur der Wasserstoff des Schwefelwasserstoffs, bei dieser hingegen die beiden Bestandtheile oxydirt werden: so ist einleuchtend, dafs da, wo Zutritt der atmosphärischen Luft zum porösen und zerklüfteten Kalksteine sehr beschränkt war, blofs jene Zersetzung stattfinden konnte. Erlitt nur ein Theil des in die Zwischenräume des Gesteins gedrungenen Schwefelwasserstoffgases die Zersetzung in Schwefel und Wasser,

strömte der Rest in, dem Tage näher liegende Stellen, zu denen die atmosphärische Luft mehr Zutritt hatte: so erfolgte hier die vollständige Oxydation des Schwefelwasserstoffs. Damit ist in Uebereinstimmung, dafs der Gyps theils die Decke Schwefel-haltiger Gesteine bildet, theils in Gangtrümmern sie durchsetzt. Wo er als Unterlage auftritt, könnte er wohl ein Theil des Lagers sein, durch dessen allmälige Zersetzung die Schwefelwasserstoff-Entwicklungen bewirkt worden sind.

Ist es als entschieden anzunehmen, dafs aller Gyps, welcher in Begleitung mit Schwefel vorkommt, nur auf Kosten von Schwefelwasserstoffgas entstanden sein könne; zeigen die Erscheinungen in den Solfataren, so wie an Schwefelquellen die leichte und, unter gewissen Umständen, ausschliefsliche Oxydation dieses Gases zu Schwefelsäure: so dürfte wohl in den meisten Fällen, wo geognostische Gründe für eine Umwandlung des kohlensauren Kalkes in Gyps sprechen, diese Umwandlung durch Schwefelwasserstoffgas-Exhalationen bewirkt worden sein.

Früher (Bd. I. S. 534) haben wir uns schon gegen eine Umwandlung des kohlensauren Kalks in Gyps durch Schwefelsäure oder schweflige Säure, welche aus sublimirtem und an der Atmosphäre gesäuertem Schwefel entstanden sein sollen, erklärt. Nachdem sich in diesem Kapitel die Existenz des gediegenen Schwefels in einem feuerflüssigen Innern als eine Unmöglichkeit dargestellt hat: reicht es hin, gegen die von den Berichterstattern über Paillette's Aufsatz vorausgesetzte Umwandlung des kohlensauren Kalks in Gyps durch schwefligsaure Dämpfe zu bemerken, dafs keiner unter den Processen, wodurch sich Schwefligsäuregas entwickelt, im Innern der Erde angenommen werden kann. Blofs in Kratern, wo Schwefelmetalle in Berührung mit atmosphärischer Luft kommen, ist seine Entwicklung zu begreifen, und hier sind Gyps-Bildungen auf diese Weise denkbar. Die Processe in den Kratern der Vulkane dürfen aber nur mit grofser Vorsicht als Analogieen von denen angeführt werden, welche im Innern der Erde von statten gehen. Beim Aufsteigen der Lava in den Kratern kommen feuerflüssige Massen mit den Stoffen der äufsern Erdrinde und mit atmosphärischer Luft in

Berührung. Hier können in Folge dieser Berührung Processe vor sich gehen, welche in dem geschlossenen Innern nicht möglich sind. Hier ist es z. B. möglich, dafs schwefelsaure Salze, wenn sie mit organischen Ueberresten zusammen kommen, sei es, dafs dieselben vom Meerwasser oder von sedimentären Gesteinen herrühren, durch welche der Vulkan seinen Ausgang gefunden hat, in Schwefelmetalle umgewandelt werden, wie es in unsern Schmelztiegeln geschieht. Hier können solche Schwefelmetalle durch Röstung Schwefligsäuregas, oder nach ihrem Erkalten mit Wasserdämpfen, Schwefelwasserstoffgas geben.

Wir haben den Gyps als das vorzüglichste, wenn nicht ausschliefsliche Material kennen gelernt, aus welchem die Natur den Schwefel ausgeschieden hat und noch ausscheidet. Da dieses Salz selbst eine secundäre Bildung (Bd. I. 535 und 553) ist, so werden wir auf die, von den Gewässern aus krystallinischen Gesteinen ausgelaugten, schwefelsauren Alkalien zurückgeführt, welche das ursprüngliche Material sind, aus welchem der in der Erdkruste vorkommende gediegene Schwefel entstanden ist. Die Gewässer führten die schwefelsauren Alkalien in das Meer, dort wurden sie durch Chlorcalcium zersetzt, der gebildete Gyps schied sich unter Umständen, die noch später betrachtet werden sollen, aus dem Meere ab, und mit ihm, wie namentlich in *Sicilien*, mengten sich organische Ueberreste. Ein neuer Procefs begann: der schwefelsaure Kalk wandelte sich in Schwefelcalcium um, Kohlensäure und Wasser oder Wasserdämpfe zersetzten es, Schwefelwasserstoff entwickelte sich, und durch Oxydation seines Wasserstoffs, auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffs, schied sich endlich Schwefel ab.

Der auf solche Weise producirte Schwefel ist an die Existenz einer vorausgegangenen organischen Schöpfung geknüpft. Nicht nur nicht in der Schöpfungsperiode, sondern auch nicht vor der Erscheinung der Pflanzen und Thiere auf Erden hätte also gediegener Schwefel existiren können, sofern seine Bildung nur auf diesem Wege möglich sein sollte.

Giebt es primitive Schwefelmetalle (S. 54 Anm.), sollten der Magnetkies, der Kupferkies u. s. w. im Granit, Diorit, Dolerit, Basalt solche primitive Bildungen sein: so wäre zu

begreifen, wie Wasserdämpfe, welche solche Gesteine durchzogen, Schwefelwasserstoff gebildet hätten, welches sich, auf die Erdoberfläche, in Spalten oder in Drusenräume gelangend, in Schwefel und Wasser zersetzt haben würde. In diesem Falle würde die Existenz des Schwefels vor der Erscheinung des organischen Reichs auf Erden als möglich gedacht werden können.

Ob aber in einem Gesteine, dessen Bildung auf feuerflüssigem Wege gedacht wird, Schwefelmetalle als primitive Erzeugnisse anzunehmen sind, erscheint von chemischer Seite zweifelhaft. Dafs Eisenkies keine plutonische Bildung sein kann, ist entschieden dargethan worden (Bd. I. S. 935). Sollten sich Magnetkies oder Kupferkies, wenn sie einem ähnlichen Versuche unterworfen würden, wie ihn Barruel mit dem Eisenkiese angestellt hat, anders verhalten? — Es ist sehr zweifelhaft. Wir kommen auf diesen Gegenstand später zurück. Uebrigens kann man sich nicht denken, dafs der Natur ein noch einfacheres Mittel, als Wasserdampf zu Gebote stehen sollte, Schwefelmetalle zu zerlegen; denn welches sie auch anwenden könnte, Wasser würde sie stets dazu gebrauchen.

Die Abscheidung des Schwefels aus seiner gasförmigen Verbindung mit Wasserstoff ist einer von denjenigen geologischen Processen, von denen man sagen kann: sie fordern geringe Mittel, liefern aber grofse Resultate. In welcher Ergiebigkeit Schwefelwasserstoff-Entwicklungen an manchen Stellen unserer Erde auftreten, zeigen indefs die zahlreichen Schwefelquellen, die in der Nähe des Flusses *Hillsboro* aus Klüften des Gesteins (Kalkstein?) an der Seeküste hervorkommen und sich in die Bucht von *Tampa* in *Florida* ergiefsen *). Eine dieser Quellen hat einen Abflufs, welcher einen Bach von mehr, als 20 Fufs Breite und 15—16 Zoll Tiefe liefert. Wenn auch der Schwefelwasserstoff in diesen Quellen nur sehr wenig betragen mag, da in ihren Abflüssen Fische leben: so läfst doch ihre grofse Ergiebigkeit auf bedeutende Quantitäten dieses Gases schliefsen, welche dort zu Tage kommen. Es ist sehr zu wünschen, dafs die dortigen geognostischen Verhältnisse

*) L'Institut 1846. No. 669.

untersucht werden möchten, um vielleicht auf die Entstehung dieser Exhalationen schliefsen zu können.

Die Untersuchungen in diesem Kapitel liefern das einfache Resultat, dafs der Schwefel, sofern wir der Erde eine plutonische Entstehung zuschreiben, keine ursprüngliche Bildung sein könne, ja dafs sogar seine Existenz vor dem Beginne des organischen Reiches sehr zweifelhaft erscheine. Selbst diejenigen, welche die Erde auf neptunischem Wege entstehen lassen, dürften diesem Schlusse beipflichten, da sie wenigstens den Processen auf nassem Wege, wodurch der Schwefel aus seinen Verbindungen ausgeschieden wird, nichts entgegen zu setzen haben werden. Nur was die Schwefelmetalle betrifft, so sind sie keineswegs genöthigt, ihre ursprüngliche Bildung in Abrede zu stellen.

So wie der Kohlenstoff seine Existenz auf Erden der organischen Natur verdankt, so scheint es auch mit dem Schwefel der Fall zu sein. Durch die lebenden Pflanzen wird die Kohlensäure, durch die abgestorbenen, so wie überhaupt durch organische Ueberreste werden die schwefelsauren Salze zersetzt. Darin, so wie in vielen andern Processen, zeigt sich der wichtige Einflufs des organischen Reiches auf das unorganische, und wir sehen, wie in letzterem so manches ganz anders sein würde, wenn jenes nicht geschaffen worden wäre.

Kap. V.

Schwefel, Schwefelwasserstoff und Gyps in ihren gegenseitigen Beziehungen.

Jeden dieser drei Stoffe haben wir in getrennten Kapiteln (Bd. I. S. 532 ff. und S. 653 ff. und Bd. II. S. 139 ff.) betrachtet; überall wurden wir aber auf ihre gegenseitigen Beziehungen geführt. Wir fassen in diesem Kapitel die Beziehungen im Allgemeinen in's Auge.

Ueber die Umwandlung des Schwefelwasserstoffs in Schwefelsäure *) theilte mittlerweile Dumas interessante Beobachtungen mit. Er bemerkt, dafs die Fumarolen in *Toscana* keine freie Säure enthalten, aber dennoch den kohlensauren Kalk in ihren Umgebungen bald in Gyps umwandeln, welches nur von einer geringen Menge Schwefelwasserstoff in diesen Wasserdämpfen herrühren kann. Eine ähnliche Erscheinung fand er in den Schwefelbädern von *Aix* in *Savoyen*. Die Säle, worin die Bäder und die Douchen sich befinden, sind gröfstentheils aus Kalkstein aufgeführt. Nach und nach blähen sich die Wände auf und bedecken sich mit Gypskrystallen. Diese Gypsbildung schreitet so schnell fort, dafs man sich

*) L'Institut No. 669. 1846. 28. October. — Dumas scheint in der deutschen chemischen Litteratur wenig bewandert zu sein. Die Beobachtungen, wonach die schwefelsauren Alkalien durch organische Substanzen zersetzt werden, und auf diese Weise Schwefelwasserstoffgas entsteht, schreibt er Chevreul, Vogel und Lewy zu; meine Untersuchungen scheinen ihm völlig unbekannt gewesen zu sein.

veranlafst sah, in neueren Gebäulichkeiten, statt der Kalksteine, Ziegelsteine anzuwenden *).

Die langsame Oxydation des Schwefelwasserstoffs zeigt sich daher ganz verschieden von seiner Verbrennung mit Flamme. In diesem Falle bilden sich Wasser, schweflige Säure, fast immer ein Niederschlag von Schwefel und Spuren von Schwefelsäure; in jenem Falle hingegen konnte Dumas weder schweflige Säure noch Schwefel, sondern nur Schwefelsäure wahrnehmen. Ist hingegen Schwefelwasserstoff vom Wasser absorbirt und in Berührung mit Luft, so schlägt sich Schwefel nieder, wie die Schwefelwasser zeigen.

Nach diesen Resultaten scheint es auf den ersten Blick, als wenn sich aus gasförmigem Schwefelwasserstoff gar kein Schwefel abscheiden könnte. Da aber durch die Condensation der Wasserdämpfe, welche, wie in den Solfataren, Schwefelwasserstoff mit sich führen, wässriger Schwefelwasserstoff, (ein Schwefelwasser) entsteht: so finden die eben bemerkten Bedingungen statt, und es scheiden sich aus den Wassertropfen Schwefeltheilchen ab, ganz so, wie es Breislak in der Solfatara von *Puzzuoli* beobachtet hat.

Jene Beobachtungen und Versuche geben Winke, wie unter verschiedenen Umständen aus Schwefelwasserstoff bald Schwefel, bald Schwefelsäure, bald beide zugleich entstehen

*) Die leinenen Vorhänge, welche in den gemeinschaftlichen Bädern (piscines) die Badenden von einander absondern, imprägniren sich sehr leicht mit freier Schwefelsäure. Nach einigen Wochen zeigt sich die Leinwand sehr angegriffen und wenn man sie, ohne sie zu waschen, in einer Schachtel oder in einer Flasche aufbewahrt: so zersetzt sie sich von selbst und zerfällt bei der geringsten Reibung zu Pulver. Gleichwohl enthalten die Dämpfe der Wasser von *Aix* keine freie Schwefelsäure. Dumas schlofs daher, dafs diese Säure sich auf Kosten des Schwefelwasserstoffs und unter dem Einflusse besonderer Ursachen erzeuge. Die auffallendste unter diesen Ursachen liegt in der Wirkung des Leinwand-Gewebes selbst. Dumas fand nämlich, dafs sich Schwefelwasserstoffgas, mit atmosphärischer Luft gemengt, unter Mitwirkung eines porösen Körpers, besonders des Leinenzeuchs, und unter dem Einflusse einer wenig erhöhten Temperatur, langsam in Schwefelsäure umwandele.

können. Sollte sich Schwefelwasserstoffgas jemals so rein und mit so wenig Wasserdunst gemengt, wie es beim Kohlensäuregas der Fall ist, entwickelt haben: so würde seine ganze Menge zu Schwefelsäure geworden sein. Befördern poröse Körper diese Umwandlung, so konnte sich Schwefelwasserstoffgas, welches mit porösen Kalksteinen in Berührung kam, um so leichter in Schwefelsäure umwandeln, und diese sich mit Kalk zu Gyps verbinden.

Auf der andern Seite konnte sich um so weniger Schwefelsäure bilden, je geringer die Menge des Schwefelwasserstoffs in den Wasserdämpfen war; denn je mehr diese gegen jenen vorherrschten, desto leichter und schneller entstand durch Condensation der Dämpfe wässriger Schwefelwasserstoff, und daraus Absatz von Schwefel. Es konnte sich also, verhältnifsmäfsig, um so mehr Schwefel absetzen, je weniger die Wasserdämpfe Schwefelwasserstoff enthielten. Diefs ist eine wichtige Folgerung, weil ein geringer Gehalt, selbst nur Spuren von Schwefelwasserstoff in den Wasserdämpfen, nicht nur nicht die Entstehung von Schwefel-Absätzen hinderten, sondern im Gegentheile, solche Wasserdämpfe, wenn sie nur lange genug strömten, um so gröfsere Absätze von Schwefel gaben.

Die unter gewissen Umständen so leicht von Statten gehende Umwandlung des Schwefelwasserstoffs in Schwefelsäure, die so schnell fortschreitende Gypsbildung in den Schwefelbädern von *Aix* sind Erscheinungen, welche in geologischer Beziehung von Bedeutung sind.

Unzählige Beispiele von Bildungen schwefelsaurer Salze in Solfataren liegen vor. In der Solfatara von *Puzzuoli* besteht schon seit längerer Zeit eine Alaun- und Schwefel-Fabrik. In dem Krater des *Pic* von *Teneriffa*, der jetzt nichts anders als eine Solfatara ist, zerstören die überall aus dem Innern hervorbrechenden Dämpfe das Gestein zu weifsem Thon, wahrscheinlich auch zu Alaunstein, und der Schwefel setzt sich unter den erweichten und losgetrennten Schalen in überaus schönen Krystalldrusen ab *). Viele Beispiele von bleichenden und zersetzenden Wirkungen der, Schwefelwasserstoffgas

*) Leop. v. Buch physik. Beschreibung der Canarischen Inseln. S. 232.

haltenden Dämpfe bieten die *Liparischen Inseln* dar *). So haben die am *Monte S. Angelo* auf der Insel *Lipari* entweichenden Fumarolen die auffallendsten Wirkungen in den umliegenden Gesteinen hervorgebracht. In früheren Zeiten müssen diese Fumarolen noch viel ausgedehnter gewesen sein; denn man findet zahlreiche Spuren davon in fast allen Schluchten an der Westseite der Insel, von der *Grotta di S. Calogero* bis zum *Valle di Muria*.

Die Bank einer frei ausragenden Feldspathlava ist in ein dichtes und groberdig körniges, fast trippelähnliches Gestein umgewandelt. Vollkommen farblos, hat es dennoch den Zusammenhalt seiner Masse beibehalten. Man glaubt hier einen Kreidemergel anzuschlagen, dessen Uebergang in seinen ursprünglichen Zustand nichts desto weniger völlig klar ist. Der umliegende Tuff ist gelblichweifs, sehr mürbe und nicht selten von sehr zahlreichen dunkel eisenrothen Streifungen durchzogen. Er bildet oft eine buntscheckige Breccie von fremdartigem Ansehen. Zwischen ihm ragen sehr unregelmäfsig rauhe Knollen eines bläulichweifsen, schwach schimmernden, an Opal oder an Pechstein erinnernden Gesteins hervor, dessen zahlreiche Zerklüftungen häufig Ueberzüge von traubigem Chalcedon oder von vollkommen hyalithähnlichem Kieselsinter führen. Solche Pechsteine, Chalcedon- und Kieselsinter-Krusten finden sich in Gemeinschaft mit stark zersetzten Laven u. s. w. oft noch viel stärker und ausgedehnter in fast allen Schluchten der Westseite. Im *Valle del Inferno* trifft man Pflanzenstengel an, welche in eine Chalcedonmasse verwandelt worden sind. Dort ist zugleich ein Halbopalgestein sehr häufig von rothem Eisenoxyd innig durchdrungen und gefärbt worden, und es findet sich überhaupt diese Färbung, statt der weifsen, sehr ausgedehnt an Orten, welche die Wirkung der Fumarolen erlitten haben.

Ein klareres Bild von diesen Wirkungen, die jede gleichzeitige Mitwirkung vulkanischer Einflüsse völlig ausschliefsen, möchte kaum irgendwo zu finden sein. Gleichwohl nimmt Hoffmann Zuflucht zu Eisenoxyd-Sublimationen, welche jenes auffallende Verhältnifs hervorgerufen haben sollen. Das Vorkommen schö-

*) Fr. Hoffmann in Poggend. Annal. Bd. XXVI. S. 1 ff.

ner Eisenglimmer-Tafeln in den Höhlungen einer ganz zersetzten Gebirgsart, an den Abhängen des *Valle di Muria*, soll eine Wirkung desselben Ereignisses sein. Solche Vorstellungen geben ein eben so klares Bild, wie treffliche Beobachter, wenn einmal der klare Blick durch vorgefafste Meinungen getrübt worden, etwas verwirrt werden können. Wenn Eisenglanz und Eisenglimmer durchaus Sublimations- oder Eruptions-Producte *) sein sollen: so sollte man doch nicht vergessen, dafs auf der Grube *eiserne Kuh*, bei *Andreasberg* am *Harze*, auf Erzgängen in der Grauwacke, der Eisenglimmer in Kalkspath-Skalenoëdern vorkommt **). Hier wird man doch nicht annehmen wollen, dafs Eisenglimmer-Dämpfe den Kalkspath verdrängt haben? —

Doch die alles durchdringenden Dämpfe, fährt Hoffmann fort, haben noch eine andere Erscheinung bewirkt: nämlich die von allen diesen Gegenden unzertrennliche und ansehnliche Gypsbildung. Die ganze Tuffmasse in der Nähe der erwähnten Fumarole (*Stufe di S. Calogero*, oder auch wohl *il bagno secco* genannt) war von schneeweifsen oder blafsrothen, schön abgesonderten Gypstrümmern durchzogen, und sehr häufig waren ihre Blöcke mit einer Kruste von derselben bekleidet. Der Gyps zeigte sich in kleinen Knollen des reinsten Alabasters abgesondert; aber die Trümmer oder Krusten waren fast immer von schwach seidenglänzend faserigem Gefüge und manche erreichten, wellenförmig fortsetzend, einen Zoll Stärke. Am häufigsten war der Tuff längs den Abhängen in eine schmierige, schmutzig ochergelbe Thonmasse umgewandelt. Dieser Thon, dessen Ursprung man in ande-

*) So berichtet neulichst Virlet d'Aoust, wie man Eisenglimmer in einer Grube in *Savoyen* unter Verhältnissen finde, welche darthun, dafs solcher nicht nur gleichzeitig mit den Quarzgängen, auf denen er vorkommt, aus den Erd-Tiefen hervorgetreten, sondern auch in das umschliefsende Gebirgsgestein eingedrungen sei (Neue Jahrb. für Mineral. Jahrg. 1846. S. 499). Was doch die Ultraplutonisten sich alles vorstellen: Quarz und Eisenoxyd sollen (doch wohl feuerflüssig) in einer Spalte aufsteigen, und letzteres sogar in das Nebengestein eindringen, ohne sich mit ersterem zu einem Silicate zu verbinden! —

**) Blum die Pseudomorphosen S. 284.

rer Lage wohl kaum noch errathen hätte, war vollgestopft von ganz unregelmäfsig durch einander liegenden und oft vielfach mit einander verwachsenen Gypsblättern und durchschnitten von Fasergyps-Trümmern.

Kaum kann man, sagt Hoffmann, etwas Aehnlicheres vom Vorkommen des Gypses in unseren Flötzgebirgen finden, und die Erscheinung ist keineswegs eine kleinliche, sondern sie findet sich überall an den Abhängen einer fast stundenlangen Küste. Die Höhe der von Gypsmasse durchdrungenen Bergwände erreicht häufig 200 Fufs und noch mehr.

Die Aehnlichkeit dieser noch fortdauernden Gypsbildung mit dem Vorkommen unsers Flötzgypses läfst sich, selbst bis in das kleinste Detail, verfolgen. An den obern steilen Wänden nämlich, welche den Rand des Thales *Valle di Muria* bilden, tritt unmittelbar unter der Auflagerungsfläche einer mächtigen und augitreichen Lavabank ein Profil von etwa zolldicken und feinerdigen blafsrothen Tuffschichten auf. Schicht um Schicht wechselnd, liegt hier stets zwischen zwei Tuffplatten eine weifse, etwa halb so starke Gypstafel, krystallinisch, blättrig, körnig und den hundertfachen Wechsel beider Bildungen durchziehen unregelmäfsig verzweigte starke Trümmer eines weifsen, seidenglänzenden Fasergypses. Es zeigt sich hier eine vollkommene Uebereinstimmung mit dem Gyps im Keuper oder in den Mergeln des bunten Sandsteins.

Noch an vielen anderen Orten dieser Insel findet sich Gypsbildung unter ähnlichen Verhältnissen wieder; doch beschränkt sie sich immer ausschliefslich auf das Tuffland. An einer Stelle fand Hoffmann, mitten unter den Producten einer längst erloschenen Fumarole, schalig abgelöste Lavakugeln, welche concentrisch, Schale um Schale, mit sehr dünnen, weifsen Gypskrusten abwechselten. Diesen sehr ähnlich hatte er unter den Grünsteinen des Fichtelgebirges Kugeln beobachtet, in welchen ebenso Schale um Schale ihre Masse mit dem später eingedrungenen Eisensteine wechselte.

Hoffmann erwähnt nirgends des Vorkommens von Schwefel in diesem Gypsgebiete. Die Verhältnisse des Schwefelwasserstoffs zum Wasserdampfe scheinen daher in den dortigen Fumarolen von der Art gewesen zu sein, dafs sich die ganze Menge des Schwefels zu Schwefelsäure oxydirt hatte.

Es ist daher der von Dumas erwähnte Fall, in welchem gleichfalls kein Schwefel wahrzunehmen war.

Hoffmann's gehaltreiche Abhandlung bietet noch viele ähnliche Beispiele von den zersetzenden Wirkungen der Fumarolen, von Gyps-Bildungen und Schwefel-Absätzen auf den *Liparischen Inseln* dar. So ist der obere Rand des grofsen Kegels auf der Insel *Vulcano* in nie aufhörende Schwefeldämpfe gehüllt. Die mit Schwefelwasserstoff beladenen Wasserdämpfe zischen siedendheifs aus den mit Schwefelkrusten dick bezogenen Spalten des Bodens hervor, und die Heftigkeit ihres Ausdrängens hat hin und wieder kleine Hügel aufgeworfen, welche vorzugsweise zur Gewinnung des Schwefels benutzt werden.

In dem Haupt-Krater, der etwa 3000 Fufs im Durchmesser hat und mit oft mehr, als 600 Fufs hohen, senkrecht abstürzenden Felswänden umgeben ist, waren die Wirkungen der schwefelbeladenen Dämpfe stellenweise sehr beschwerlich, ja fast ganz unerträglich zu nennen. In der Tiefe finden sich zahlreich veränderte Gesteine, welche von den Wirkungen der Dämpfe bis in's Innerste zersetzt wurden, und dennoch stets Festigkeit und Zusammenhalt behalten haben. Die harte, schwarze Obsidianmasse selbst ist hier sehr deutlich in einen schneeweifsen, dichten Thonstein verwandelt, in welchem hier und da noch einige schwarze Körner zerstreut liegen, und auf ihren Klüften hat sich der Schwefel in schönen Trümmern, kleinen Nestern oder Drusenräumen ausgebildet. Gypsdrusen, rother Selenschwefel, sublimirte Borsäure (Bd. I. S. 677), Salmiakkrusten, Vitriolkrusten, Alaunsteine u. s. w., sind hier ganz gewöhnliche Erscheinungen. Selbst unter dem Meere, an der Küste von *Vulcano*, entweicht fortwährend ein starker Strom heifser Wasserdämpfe, und es entwickeln sich sehr zahlreiche Luftblasen, welche starken Schwefelwasserstoff-Geruch aushauchen. Die Wärme des Meerwassers war hier 28° R. und dicht daneben am Lande befindet sich eine siedendheifse Quelle. In der Nähe dieser Exhalationen finden sich gleichfalls Absätze von Schwefel und die verschiedenen Zersetzungs-Producte der Gesteine.

Die zersetzenden Wirkungen des Schwefelwasserstoffs in den Fumarolen können nicht so gedacht werden, dafs diesel-

ben von unten die Gesteine durchdringen; denn in diesem Falle würde es an der, zur Säuerung des Schwefels nöthigen Menge atmosphärischen Sauerstoffs fehlen. Ebenso wie in den Sälen der Schwefelbäder von *Aix* die an den Wänden condensirten, und durch Oxydation gesäuerten Dämpfe den Kalkstein in Gyps umwandeln: so dringen ohne Zweifel die auf dem Gesteine in den Umgebungen der Fumarolen auf *Lipari* condensirten Dämpfe, nach ihrer Säuerung, in dasselbe ein und bilden darin Gyps. Die Regenwasser unterstützen diese Wirkung und führen die verdünnte Schwefelsäure in das Innere der Gesteine.

Wir haben hier ganz dieselben Verhältnisse, wie bei der Verwitterung der Gesteine durch die eindringenden Meteorwasser; nur mit dem Unterschiede, dafs hier die Schwefelsäure, dort die atmosphärische Kohlensäure das Hauptagens ist, und dafs die an sich kräftigere Schwefelsäure, wenn auch noch so sehr verdünnt, in den condensirten Fumarolen doch gewifs in einem concentrirteren Zustande vorhanden ist, als die Kohlensäure in den gewöhnlichen Meteorwassern. Es ist daher begreiflich, wie die Schwefelwasserstoff-Fumarolen in viel kürzerer Zeit, als die mit der geringen Menge atmosphärischer Kohlensäure versehenen Meteorwasser die Gesteine zur Zersetzung bringen. Alle Wirkungen aber, welche jene in einer relativ kurzen Zeit leisten, werden auch diese in einer relativ langen zu Stande bringen. Was also dort gleichsam vor unsern Augen geschieht, erlaubt uns auf das zu schliefsen, was wir hier nicht mit denselben verfolgen können. Eben defshalb können wir in den von Hoffmann so ausführlich und so treffend beschriebenen Verhältnissen auf *Lipari* eine sehr gute Schule machen.

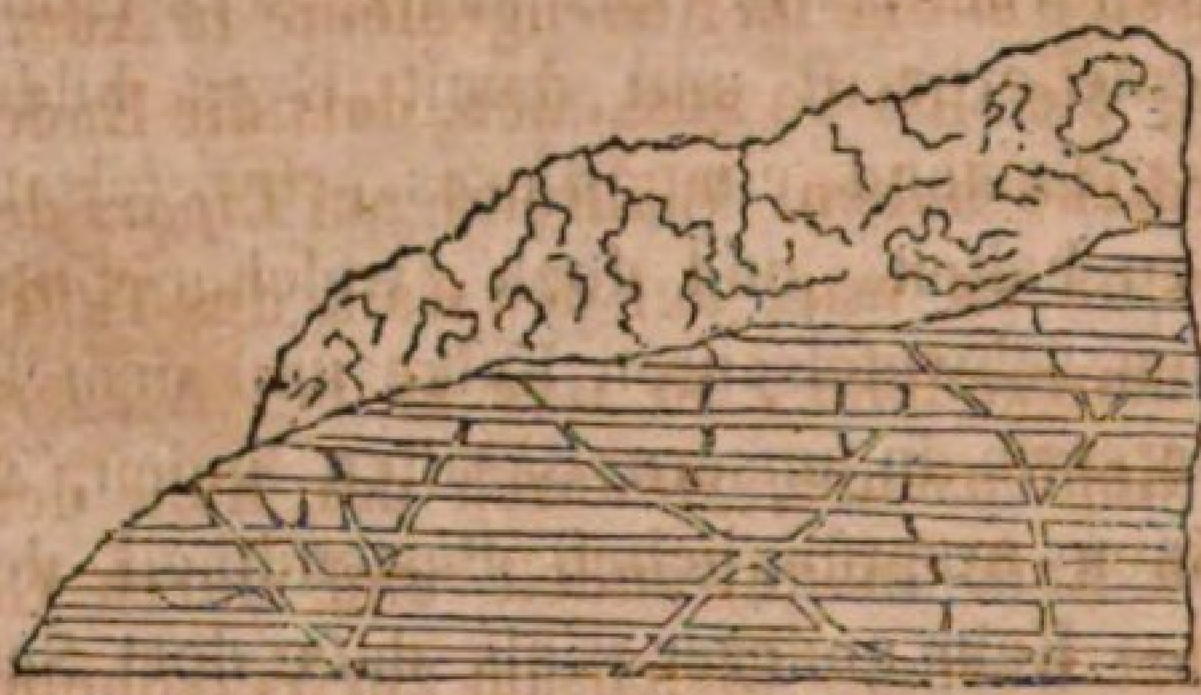
Man sieht, wie saure Gewässer, durch eine dunkle Feldspathlava filtrirend, durch Fortführung des Eisengehaltes entfärbend wirken, ohne dafs jedoch der Zusammenhalt der Masse alterirt wird, wie das fortgeführte Eisenoxyd im umliegenden Tuff in Streifungen sich absetzt und wie kieselige Massen sich absondern. Man sieht also genau dieselben Erscheinungen, wie in zersetzten krystallinischen Gesteinen, welche indefs keinen anderen Agentien, als den Meteorwassern ausgesetzt waren, die blofs geringe Mengen atmosphärischen Kohlensäure- und Sauerstoffgases mit sich führten.

Man sieht ferner, wie das saure Zersetzungsmittel den Kalk der Silicate ergreift und damit Gyps bildet. Hierbei fällt es gewifs Niemand ein, dieses schwefelsaure Salz für präexistirend zu halten, und doch, welcher Unterschied ist zwischen diesem schwefelsauren Kalke und dem kohlensauren Kalke, den wir etwa in unsern Basalten finden, und der allgemein für einen ursprünglichen Bestandtheil derselben gehalten wird? — Kein anderer, als dafs dort Schwefelsäure, hier Kohlensäure die Kalksilicate zersetzt hat.

Von besonderer Wichtigkeit ist, dafs sich der Gyps theils in Trümmern, theils in Knollen, theils in Blättern in den Tuffmassen absonderte, da doch ohne Zweifel der Kalk, der das Material hierzu lieferte, durch die ganze Tuffmasse verbreitet war. Es zeigt diefs deutlich, wie sich bei Zersetzungen und Umwandlungen der Gesteine das in ihnen zerstreute Gleichartige vom Ungleichartigen absondert, und wirft ein Licht auf andere Umwandlungs-Processe, welche nicht so unmittelbar vor unsern Augen von Statten gehen, wie die in Rede stehenden durch Fumarolen. Finden wir z. B. in manchen Basalten und Wacken Spatheisenstein in wohl ausgebildeten Krystallen: so ist es ein ganz analoger Fall; denn ebenso wie die mit Gewässern niedergehende Schwefelsäure jene Umwandlungen in Gyps bewirkte, so bewirkte auch die durch Gewässer eingeführte Kohlensäure die Umwandlung der Eisenoxydulsilicate in kohlensaures Eisenoxydul.

Nicht minder wichtig ist der hundertfach wiederholte Wechsel zwischen Gypstafeln und Tuffplatten. Diefs ist eine Erscheinung von ganz besonderer Bedeutung; denn sie zeigt, wie sich das in einer Gesteinmasse zerstreute Gleichartige durch Verbindung mit einem Zersetzungsmittel in abgesonderten Schichten ausscheiden kann.

Wäre es auf der Insel *Lipari* nicht ganz offenbar, dafs aller dort vorkommende Gyps nichts anders, als ein Product aus dem Kalkgehalte der Tuffmassen und dem gesäuerten Schwefelwasserstoff der Fumarolen sein kann: so würde kaum ein Ultraplutonist beim Anblicke des nachstehenden Profils im *Valle di Muria*, wie es aus Hoffmann's Abhandlung entlehnt ist, an eine andere Entstehung, als an eine eruptive denken.



a. eine mächtige Lavabank

b. etwa zolldicke und feinerdige blaſsrothe Tuffschichten, in denen die Gypstafeln ungefähr halb so stark sind.

Die unregelmäſsig verzweigten starken Trümmer könnte man für die Canäle halten, welche aus der Tiefe den Gyps zugeführt hätten, der dann schichtenweise zwischen die Tuffbänke eingeschoben worden wäre. Man würde die Verzweigung dieser Trümmer nach oben als einen offenbaren Beweis des Eindringens von unten herauf betrachten. Sehen wir aber, wie gerade das Umgekehrte von allem diesen stattgefunden, wie die Gypsbildung oben, wo die condensirten und an der Luft gesäuerten Dämpfe eingedrungen sind, begonnen hat, wie die Gewässer den schwefelsauren Kalk durch die unregelmäſsig verzweigten Adern herabgeführt haben: so mahnt dieſs, in anderen Fällen, wo das Zersetzungsmittel nicht so klar vor Augen tritt, wo aber nichts desto weniger ganz dieselben Erscheinungen sich zeigen, auf ähnliche Vorgänge zu schlieſsen.

Ziemlich ähnliche Verhältnisse fand ich in den durch v. Leonhard *) bekannt gewordenen Gängen kohlensauren Kalks im Melaphyr bei *Niederkirchen* in *Rheinbaiern*. Wie auf *Lipari* Gypsadern, so verzweigen sich hier Adern kohlensauren Kalks im Nebengesteine; nur mit dem Unterschiede, daſs letztere in der Hauptspalte auslaufen. Eben so wenig, wie jene Gypsmassen aus der Tiefe aufgestiegen sind, hat der kohlensaure Kalk diesen Weg genommen. Wie wäre es auch möglich, daſs letzterer, wenn man auch mit v. Leonhard sein Aufsteigen in der mächtigen Hauptspalte annehmen wollte,

*) Dessen Jahrb. 1837 S. 641.

sich als feuerflüssige Masse im Nebengesteine in Adern hätte verzweigen können, die sich so auskeilen, dafs die Enden nicht viel mehr, als Papierdicke haben. Während auf *Lipari* der gesäuerte Schwefelwasserstoff es war, der den Kalk des Tuffs in schwefelsauren Kalk umwandelte, so war es bei *Niederkirchen* die atmosphärische Kohlensäure, wodurch der Kalk des Labradors in kohlensauren Kalk umgewandelt und durch Gewässer in die Spalte geführt wurde. Gleichsam zur Versöhnung mit unserm verehrten Freunde, und um das Gleichnifs noch weiter zu verfolgen, fügen wir hinzu, dafs in beiden Fällen eine eruptive Wirksamkeit in letzter Instanz erscheint; denn jener Schwefelwasserstoff, wie diese Kohlensäure, kommen aus dem Innern.

Die völlige Uebereinstimmung zwischen den Wirkungen der Schwefelsäure und der Kohlensäure auf Gebirgsgesteine zeigt sich endlich auch in den von Hoffmann erwähnten, concentrisch schalig abgesonderten Lavakugeln, wenn man damit die von demselben gleichfalls angeführten Grünstein-Kugeln vergleicht. Dafs die Eisensteine zwischen den Grünstein-Schalen ebenso Zersetzungsproducte der Eisenoxydulsilicate durch Kohlensäure, wie die dünnen Gypskrusten in den Lavakugeln Zersetzungsproducte der Kalksilicate durch Schwefelsäure sind, ist nicht zweifelhaft.

Hoffmann's frühere Ideen von eruptiver Entstehung (Bd. I. S. 540) scheinen durch seinen Besuch der *Liparischen Inseln* geläutert worden zu sein; in dem angeführten Aufsatze über die geognostische Beschaffenheit dieser Inseln blicken sie wenigstens nicht mehr durch. Im Gegentheile zeigt die wiederholte Hinweisung auf die durchgreifende Aehnlichkeit zwischen dem Vorkommen des Gypses in unsern Flötzgebirgen und auf *Lipari*, dafs er jenem eine ähnliche Entstehung, wie diesem, zuzuschreiben sich geneigt fühlte. Es ist vielleicht nur der gänzliche Mangel vulkanischer Thätigkeiten im *norddeutschen* Flötzgebirge, welcher ihn abhielt, diefs auszusprechen.

Berücksichtigt man, dafs vulkanische Thätigkeiten nur in sofern mit Gypsbildung im Zusammenhange stehen, als sie gewöhnlich, oder wenigstens sehr häufig mit Schwefelwasserstoff-Exhalationen endigen: so wird es klar, wie da, wo keine Spur ehemaliger vulkanischer Thätigkeiten sich zeigt,

aber durch ähnliche Processe, wie in den Solfataren, solche Exhalationen entstehen, die nämlichen Gypsbildungen stattfinden werden. Die Bedingungen zur Bildung von Schwefelwasserstoff finden wir aber im Flötzgebirge in demselben Maafse, wie in den Solfataren. Es ist vielleicht nur der Unterschied, dafs im Heerde der Vulkane, in Folge des Aufeinanderwirkens schwefelsaurer Salze und kohlenstoffhaltiger Substanzen, Schwefellebern auf trocknem Wege entstehen, welche, in grofsen Quantitäten aufgespeichert, das Material zu den Schwefelwasserstoff-Exhalationen liefern, während sich im Flötzgebirge dieselben Schwefellebern nur auf nassem Wege gebildet haben und noch bilden. Dort mögen es die heifsen Wasserdämpfe sein, welche, durch die Schwefellebern streichend, Schwefelwasserstoff entwickeln (Bd. I. S. 654); hier, wo diese Dämpfe fehlen, ist es gewifs nur die Kohlensäure, welche diese Entwicklung bedingt (Bd. I. 661).

Es wurde schon bemerkt (Bd. I. S. 532), dafs in der Grauwackengruppe kein unzweifelhaftes Vorkommen des Gypses bekannt ist, und dafs der alte rothe Sandstein an der *Tweed* die älteste Formation zu sein scheint, worin er gefunden wird. Wenn eine theilweise Umwandlung der jüngeren Kalksteinschichten in Gyps eine unbestreitbare Thatsache ist: so mufs man fragen, warum finden sich in den ältesten sedimentären Kalkstein-Bildungen, im Grauwackenkalksteine und im Kohlenkalksteine, keine solchen Umwandlungen? — Gewifs ist die nächste Antwort, dafs in diesen frühesten sedimentären Perioden, nach dem Erscheinen des organischen Reiches, die Bedingungen zur Bildung von Gyps nicht vorhanden waren. Diese Antwort kann aber nur wenig befriedigen; nicht schwer hält es indefs, eine befriedigendere zu geben.

Sind es ausschliefslich die Schwefelwasserstoff-Exhalationen, wodurch Kalkcarbonat oder Kalksilicat in Gyps umgewandelt wird, sind dieselben einzig und allein an die Gegenwart von Schwefelmetallen, vorzugsweise an Schwefellebern, geknüpft, und setzt deren Existenz wiederum kohlenstoffhaltige Substanzen voraus: so ist in der That jene Frage mit einem solchen Grade der Wahrscheinlichkeit zu beantworten, wie wenige geologische Fragen. Nehmen wir den möglichen Fall aus (S. 162), dafs es Schwefelmetalle giebt oder gegeben

hat, welche zu den ursprünglichen Bildungen gehören: so kennen wir keinen andern Procefs, wodurch vor dem Erscheinen des organischen Reiches Schwefelwasserstoff hätte entstehen können, als beim Zusammentreffen jener Schwefelmetalle mit Wasserdämpfen. Jeder andere Procefs zur Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas fordert den vorausgegangenen Untergang organischer Substanzen.

In der Grauwackengruppe sind die organischen Ueberreste im Allgemeinen dünn gesähet, und wenn sie auch hinreichend wären zur Zersetzung schwefelsaurer Salze: so sind gerade diese in dieser Gruppe nur sehr sparsam verbreitet, wie die geringen Quantitäten schwefelsaurer Salze in den aus dem Thonschiefer kommenden Quellen zeigen.

In dem ganzen *Rheinischen* Schiefergebirge finden sich keine Schwefelquellen; denn die zu *Aachen* kommen an der Grenze des Steinkohlengebirges und die zu *Weilbach* aus dem aufgeschwemmten Lande oder aus dem tertiären Gebiete hervor.

Diese Verhältnisse zeigen augenscheinlich, wie aus dem Grauwackenkalksteine kein Gyps entstehen konnte, sofern aller Gyps ein umgewandelter Kalk ist.

Gab es vor der Bildung der Grauwackengruppe keinen Gyps, findet sich dieses Salz auch nicht in krystallinischen Gesteinen (Bd. I. S. 534): so mufs man mit vollem Rechte die Gegenwart desselben in dem Meere, in welchem sich jene sedimentäre Formation abgesetzt hatte, bezweifeln. Diese Formation konnte also nicht einmal so mit Gyps getränkt werden, wie die späteren und die heutigen Meeres-Bildungen. So wie aber die aus manchen krystallinischen Gesteinen kommenden Quellen schwefelsaure Alkalien enthalten *): so wer-

*) Der Mangel an schwefelsauren Salzen, wie er sich in süfsen Quellen, welche theils aus Porphyr, theils aus Granit an der *Bergstrafse* kommen, zu erkennen gegeben hat, zeigt sich auch in den Quellen, welche aus dem Syenit kommen. Bei Gelegenheit eines neulichen Besuches des syenitischen *Felsberges* im *Odenwalde* (in der Nähe des *Mellibocus*) habe ich fünf süfse Quellen, die an verschiedenen Stellen dieses Berges entspringen, untersucht und durch die qualitative Prüfung auch nicht eine Spur von schwefelsauren Salzen gefunden.

Mein Sohn hat mittlerweile die Asche eines, auf dem Por-

den wohl auch die Gesteine, welche das Material zur Grauwacke und zum Thonschiefer geliefert haben, mit solchen Salzen versehen gewesen sein. Frei von allen schwefelsauren Salzen ist daher das Meer, worin diese sedimentären Gesteine sich abgesetzt haben, gewifs nicht gewesen. Daher mufsten auch schwefelsaure Alkalien in der Grauwacke, nach ihrer Erhebung über das Meer, eintrocknen. Da aber diese Salze die leichtlöslichsten unter den schwefelsauren sind: so ist bereits der gröfste Theil derselben durch die Gewässer ausgelaugt worden, und wir finden daher in den, aus diesem Gebirgsgesteine kommenden Quellen nur sehr geringe Mengen davon.

Durchlaufen wir die bekanntesten unter den Schwefelquellen, so finden wir sie stets in den jüngeren sedimentären Formationen. Die zahlreichen in den *Pyrenäen* kommen fast durchgängig auf der Grenze zwischen dem Granit und dem Schiefer oder der Kreide vor (Bd. I. S. 46).

Selbst aber wenn aus krystallinischem Gesteine eine Schwefelwasserstoff-Exhalation hervorkäme: so würde daraus keineswegs auf die Bildung derselben in solchem Gesteine zu schliefsen sein; es sei denn, dafs Schwefelmetalle als secundäre Erzeugnisse darin enthalten wären, und dafs Wasserdämpfe durch dasselbe drängen. Wirklich fand Hoffmann mit nicht geringer Verwunderung an der Küste von *Sicilien*, im Granite (S. 153), welcher die steil aufsteigenden Felsen von *Cap Calava* bildet, eine ausgezeichnete und sehr schwefelreiche Fumarole, welche einen grofsen Theil seiner Masse

phyr des *Rheingrafenstein* gewachsenen Buchenholzes untersucht und darin, wie nicht anders zu erwarten war, schwefelsaure Salze gefunden; obgleich die aus diesem Porphyr kommenden Quellen durch Barytsalze nicht im mindesten getrübt wurden (Bd. I. S. 548). Es ist gewifs nicht zu bezweifeln, dafs man in der Asche aller, auf krystallinischem Gesteine gewachsenen Pflanzen schwefelsaures Kali finden werde, da dieses Salz zu den nie fehlenden Bestandtheilen der Pflanzen gehört. Es ist diefs ein abermaliger Beweis, dafs die Pflanzen zu concentriren wissen, und dafs da, wo die Quellen (wenigstens ihre qualitative Prüfung) uns nicht mehr über die Bestandtheile der Gesteine belehren, wir zu den Pflanzenaschen Zuflucht zu nehmen haben.

zersetzt und in schwefelhaltigen Alaunstein verändert hat. Seiner Bemerkung, dafs im Angesichte der schwefelreichsten Insel *Europa's*, welche in gerader Richtung von hier kaum drei geogr. Meilen entfernt liegt, der Ursprung dieser Erscheinung kaum noch zweifelhaft bleiben kann, haben wir, wenn er darunter versteht, dafs die Schwefelwasserstoff-Exhalationen aus dem sedimentären Gebiete in den Granit übergehen, nichts entgegen zu setzen. Eine andere Verknüpfung können wir uns nicht denken *).

*) Als ein Beispiel einer Schwefelwasserstoff-Exhalation mitten im krystallinischen Gesteine, dürfte man vielleicht das Gasgemeng anführen, welches den Spalten des Glimmerschiefers von *Quindiu* entströmt und nach Boussingault aus

Kohlensäure	94
Atmosphärische Luft .	5
Schwefelwasserstoff .	1
	100

besteht „Ein solches Gemeng, sagt v. Humboldt (Poggend. Annal. Bd. XVIII. S. 354) deutet auf das, was unter dem sogenannten krystallinischen Urgesteine vorgeht und erklärt hinlänglich den Schwindel, den wir, Boussingault, Bonpland und ich, in der *Mina del Azufral* empfanden."

Dafs die bedeutende Menge Kohlensäure in jenem Gasgemenge nicht von oxydirten organischen Substanzen herrühren könne, ist unzweifelhaft (Bd. I. S. 317); sie nimmt daher gewifs in unbekannten Tiefen Ursprung. In diesen Tiefen kann aber keine atmosphärische Luft gedacht werden. Defshalb ist zu vermuthen, dafs sich diese Luft erst nahe an der Erdoberfläche beimengt und wahrscheinlich aus Tagewassern, welche die Kohlensäure durchströmen, ausgetrieben wird. In diesem Falle kann aber die geringe Menge Schwefelwasserstoff denselben Ursprung haben. Ist der Glimmerschiefer ein auf nassem Wege metamorphosirter Thonschiefer, so ist es denkbar, dafs organische Ueberreste in dem letzteren, etwa Fucoiden, (Bd. I. S. 927) diesem Schwefelwasserstoff Ursprung geben. Dafs der Procefs, wodurch das Gasgemeng in der *Quebrada del Azufral* entwickelt wird, Zufälligkeiten unterworfen ist, zeigt die innerhalb 26 Jahren um 23° R verminderte Temperatur des ausströmenden Gasgemengs (Bd. I. S. 191).

Was die Bemerkung (a. a. O.) betrifft, dafs Salzquellen, Gyps und natürlicher Schwefel mitten in den krystallinischen Ge-

Sind die Schwefelquellen nur ein Eigenthum der sedimentären Formationen, kommen sie vorzugsweise aus den stark mit organischen Ueberresten getränkten: so sehen wir deutlich, wie die heutigen Schwefelwasserstoff-Exhalationen an Kohlenstoff-haltige Substanzen geknüpft sind. Es ist daher ein Schlufs nach der Analogie, dafs auch diese Exhalationen in der Vorzeit, mithin auch die davon abhängigen Gypsbildungen, an diese Bedingungen geknüpft waren. Wir dürfen übrigens nicht übersehen, dafs die Gypslager wohl am häufigsten den dermaligen Schwefelwasserstoff-Exhalationen Ursprung geben. Wir haben auch schon darauf gedeutet, wie ältere Gypslager die Veranlassung zur Bildung neuer werden können (Bd. I. S. 533).

Frägt man nach dem Ursprunge der Kohlenstoff-haltigen Substanzen, welche die Schwefelwasserstoff-Fumarolen auf den *Liparischen Inseln* veranlafst haben und noch veranlassen: so deuten wir auf die organischen Ueberreste in den Meeres-Sedimenten, welche beim einstigen Aufsteigen dieser Inseln von den vulkanischen Massen eingehüllt worden sind. Die mit der Erhebung der neuen Insel an der Südküste *Sicilien's* verknüpften bedeutenden Schwefelwasserstoff-Entwicklungen (S. 144) zeigen wenigstens, was geschieht, wenn vulkanische Massen den Meeresgrund durchbrechen. Es liegt sehr nahe, den Gyps im dermaligen Meerwasser, wenn nicht ausschliefslich, doch theilweise als dasjenige schwefelsaure Salz zu betrachten, welches durch die organischen Ueberreste zersetzt wird. Dringt noch fortwährend in den Heerd einer Solfatara Meerwasser, so sehen wir, wie sich in demselben die Materialien zur Entwicklung von Schwefelwasserstoff beständig erneuern. Wir verweisen übrigens an die bedeutenden Quantitäten schwefelsaurer Salze, die sich in den Fucus-Arten finden und die zu ungeheuren Entwicklungen von Schwefelwasserstoff Anlafs geben (Bd. I. S. 925). So wie wir mit gutem Grunde die Salmiak-Sublimationen in den, dem Meere nahen Vulkanen den organischen Substanzen, welche mit dem Meerwasser in den Heerd derselben treten, zugeschrie-

bilden der *Andes* liegen: so werden wiederholte Untersuchungen wahrscheinlich andere Verhältnisse zeigen.

ben haben: so sind es unstreitig gleichfalls diese Substanzen, welche in Berührung mit schwefelsauren Salzen die Schwefelwasserstoff-Exhalationen veranlassen.

Dafs diese Bedingungen zu diesen Exhalationen keineswegs locale, sondern auf unzähligen Inseln wiederkehrende Erscheinungen sind, beweisen die vielen in Leop. v. Buch's gehaltreicher Abhandlung angeführten *) Beispiele von solchen Exhalationen. Die *neue Kameni*, welche sich zwischen den *griechischen Inseln* 1707 bis 1709 erhob, entwickelt noch fortwährend Schwefelwasserstoff. Auf der schon erwähnten Insel *Milo* (Bd. I. S. 765) bleichen, zerstören und zersetzen diese Exhalationen das trachytische Gestein **). Als am 31. Januar 1811, am äufsersten westlichen Ende der Insel *St. Michael*, ein überaus heftiger Stofs erfolgte, brach der Boden auf, und man nahm einen sehr starken Schwefelgeruch wahr. Ueberall stofsen wir also auf dieselben Erscheinungen, wie bei dem Ereignisse an der Südküste *Sicilien's*.

Woher kommt es aber, dafs sich im Gebiete des *Laacher-See's* und der *Eifel*, wo wir die deutlichsten Zeichen ehemaliger vulkanischer Thätigkeit in den vielen Kratern mit ihren Lavaströmen finden, nirgends eine Spur einer ehemaligen Solfatara, oder des Schwefels in irgend einem vulkanischen Producte zeigt? — ***) Auch die geringen Mengen schwefelsaurer Salze in den zahlreichen Mineralquellen dieser Gegenden (Bd. I. S. 357) spricht dafür, dafs sich nicht, wie auf jenen Inseln, die vulkanischen Erscheinungen mit Schwefelwasserstoff-Entwicklungen geschlossen haben. Die Ursache ist gewifs in dem spärlichen Vorkommen organischer Ueberreste im Uebergangsgebirge zu suchen, welches jene Vulkane durchbrochen haben. Selbst wenn daher schwefelsaure Salze vorhanden gewesen wären, so würde es an der nöthigen Menge Kohlenstoff-haltiger Substanzen zu ihrer Zerset-

*) Poggend. Annal. Bd. X. Vergl. meine Abhandlung a. a. O. S. 233 ff.

**) Es ist gewifs nicht zu zweifeln, dafs die an dieser Stelle beschriebenen Zersetzungen einzig und allein vom Schwefelwasserstoff herrühren.

***) Vergl. meine angeführte Abhandlung S. 246.

zung gefehlt haben. Eine bei weitem reichere Quelle solcher Substanzen hat sich dagegen denjenigen Vulkanen dargeboten welche, wie die auf den *Liparischen Inseln,* den Meeresboden durchbrochen haben.

Neuerdings wurde von Ludwig Frapolli *) eine alte Ansicht von dem Ursprunge des Gypses wieder aufgewärmt. Ihm scheint die Annahme, dafs grofse Mengen sich, nach der Erhebung entwickelnder, schwefliger Säure die an den Spalten unmittelbar angrenzenden Köpfe von Kalkschichten in Gyps verwandelt haben, wirklich nicht zu gewagt.

Wir würden eine solche, noch im Jahre 1846 aufgetischte Hypothese mit Stillschweigen übergangen haben, wenn sie nicht vielleicht bei Manchen eine gewisse Autorität erlangt haben dürfte, weil sie in einer unserer ersten physikalischen Zeitschriften erschienen und, ihrem Hauptinhalte nach, in der Sitzung der Königl. Berliner Academie vom 30. Juli desselben Jahres vorgetragen worden ist. Hören wir die Gründe, worauf sich dieses Phantasie-Gemälde stützt.

Das ankommende, eine sehr hohe Temperatur besitzende Schwefligsäuregas setzt sich an die Stelle der leicht zu verjagenden Kohlensäure, auf deren Kosten es sich in Schwefelsäure umgewandelt haben soll. Durch den grofsen Druck festgehalten, hätte diese Kohlensäure der schwefligen Säure einen Theil ihres Sauerstoffs überlassen und konnte sich nachher, sobald die Kraft der Verbindung sich dem Drucke nicht mehr anschlofs, als Kohlenoxydgas verflüchtigen. Dafs ferner die Säuerung ausnahmsweise, wahrscheinlich an Stellen, wo die Kohlensäure durch die Hitze schon frei gemacht war, selbst auf Kosten eines Theils der schwefligen Säure geschehen sei, scheinen die bisweilen mit dem Gypse vermengten Schwefeltheile zu beweisen. Die Hydratation des Gypses wäre später und zwar von der Oberfläche aus durch die Wirkung der atmosphärischen Feuchtigkeit geschehen; die Anhydrite, welchen man hier und da in diesen Gypsen begegnet, lassen darüber keinen Zweifel. Der Umstand, dafs die Entwicklung der schwefligen Säure aus den heutigen Vulkanen nicht mit Sicherheit nachzuweisen ist, kann nicht in Betracht kommen,

*) Poggend. Annal. Ad. LXIX. S. 481.

da aufserdem, dafs die Erscheinungen der stehenden Vulkane in keiner Beziehung mit den allgemeinen zonären Erhebungen stehen, diese weder die erste, noch die letzte Substanz wäre, welche das Innere der Erde ausspeit, wovon wir aber die unwiderleglichsten Beweise eines solchen Ursprungs haben.

Wer seine Stimme über den Ursprung des Gypses erheben will, von dem sollte man billig erwarten, dafs er sich vorher mit dem Thatsächlichen vertraut mache. Thatsache aber ist es, wie wir zur Genüge gesehen haben, und wie Frapolli aus denselben Quellen hätte ersehen können, dafs sich an unzähligen Stellen unserer Erde Schwefelwasserstoffgas entwickelt, und dafs dieses den kohlensauren Kalk in Gyps umzuwandeln im Stande ist. Eine gesunde Logik fordert, dafs man sich zuerst an das hält, was wirklich ist, und nur dann zu dem übergeht, was möglich ist, wenn jenes nicht mehr zur Erklärung hinreicht. Mit keiner Sylbe gedenkt jedoch unser Verfasser der Schwefelwasserstoff-Exhalationen; sie scheinen für ihn nicht zu existiren.

Es kann kaum ein Experiment geben, welches mehr Unheil in der Geologie angerichtet hat, als das bekannte von Hall, dafs kohlensaurer Kalk unter einem hohen Drucke schmelzen könne, ohne seine Kohlensäure zu verlieren; denn dieser geschmolzene kohlensaure Kalk scheint für die Ultraplutonisten der Lapis Philosophorum geworden zu sein. Mit Hülfe hohen Drucks glauben sie sich über alle chemischen Gesetze wegsetzen zu können; mit vornehmer Miene weisen sie den Chemiker zurecht, wenn er sich erlaubt, gegen die von ihnen ausgeklügelten Verwandtschaftsgesetze Erinnerungen zu machen. Sie glauben, dafs da, wo es gilt, aufsergewöhnliche Erscheinungen zu erklären, auch aus der Benutzung aufsergewöhnlicher, nicht alltäglicher Erfahrungen ihnen billig kein Vorwurf erwachsen dürfe, selbst wenn diese Erfahrungen denen des gewöhnlichen täglichen Lebens widerstreiten *). An den Druck klammern sich diese Geologen, wie die Phlogistiker an das Phlogiston. Es liefsen sich viele Beispiele anführen, dafs eben so, wie diese, als man ihnen hart zu Leibe

*) Petzholdt's Geologie, zweite Aufl. 1845. S. 256.

ging, zu einer negativen Schwere des Phlogistons ihre Zuflucht nahmen, jene Druckmänner zu ähnlichen Ungereimtheiten gekommen sind.

Frapolli's Gallimathias bietet einen Beleg von solcher Art dar. Die auf unorganischem Wege so schwierig zerlegbare Kohlensäure soll durch die, durch grofsen Druck festgehaltene schweflige Säure zerlegt worden sein. Wenn wirklich der Druck eine Umkehrung der chemischen Verwandtschaften hätte bewirken können: so würde sich also ein seltsames Gemeng von Gyps und Kohlenoxydgas gebildet haben. Dieser Druck hätte aber doch einmal nachlassen müssen, da wir dermalen den Gyps, wie andere Gesteine, unter dem einfachen Luftdrucke finden. Es kann nichts klarer sein, als dafs sich mit abnehmendem Drucke die natürliche Ordnung der Dinge hätte wieder herstellen müssen, d. h. das Kohlenoxydgas würde den an die schweflige Säure abgetretenen Sauerstoff wieder reclamirt haben; denn cessante causa cessat effectus. Ein uns unverständlicher Ausdruck sucht den Knoten zu lösen: „die Kohlensäure konnte sich, sobald die Kraft der Verbindung sich dem Drucke nicht mehr anschlofs, als Kohlenoxydgas verflüchtigen.“

Wohl uns, dafs die Natur es besser versteht, Gyps zu machen, als Herr Frapolli; denn es würde mit unserer Existenz schlimm aussehen, wenn solche bedeutende Quantitäten eines so höchst irrespirablen Gases, wie Kohlenoxydgas, in die Atmosphäre übergegangen wären, als die bedeutenden Gypslager vorausgesetzt haben würden. Doch wir wollen ihm keine Blöfse geben; sondern das in die Atmosphäre übergegangene Kohlenoxydgas durch Blitzschläge zu Kohlensäuregas verbrennen lassen, wenn auch aller atmosphärische Sauerstoff darauf gehen sollte. Freilich würde das Uebel nur noch ärger werden; denn an die Stelle eines irrespirablen Gases würde, mit Verlust des Sauerstoffgases, ein anderes treten, und mit dem organischen Leben würde es gleichfalls schlimm aussehen.

Doch Herr Frapolli gestattet auch Ausnahmen: „der mit dem Gypse bisweilen gemengte Schwefel scheint ihm zu beweisen, dafs da, wo die Kohlensäure durch die Hitze schon frei gemacht war, die Säuerung ausnahmsweise auf Kosten eines Theils der schwefligen Säure geschehen sei.“ Die Erklä-

rung, welches Agens diese Säure in Schwefelsäure und Schwefel zerlegt habe, ist er schuldig geblieben. Wahrscheinlich hat auch diefs der Druck gethan; denn da wir die Wirkungen eines Drucks, den wir nicht hervorzubringen vermögen, nicht kennen: so können wir ihm alle nur denkbare Wirkungen zuschreiben. Die Druckmänner sind allerdings sicher, dafs ihre Druckideen nie durch ein directes Experiment widerlegt werden können.

Es wird eine Zeit kommen, und hoffentlich ist sie nicht mehr sehr fern, wo man sich wundern wird, wie im 19ten Jahrhundert solche unreife Phantasie-Gemälde, einer gesunden Chemie zum Trotze, einer Versammlung vorgetragen werden konnten, die zu ihren Mitgliedern die gröfsten unter den jetzt lebenden Geologen zählt.

Zweiter Abschnitt.

Die Pseudomorphosen des Mineralreichs.

Wir kommen nun zu einem Systeme von Erscheinungen, welches uns bei einem grofsen Theile unserer weiteren Untersuchungen als Leitstern dienen wird. Dieses System umfafst die Pseudomorphosen des Mineralreichs, worunter wir diejenigen Fossilien verstehen, welche nicht in der, ihrer chemischen Zusammensetzung entsprechenden Krystallform, sondern in einer fremden, in der eines andern Fossils, auftreten.

Im ersten Kapitel dieses Abschnitts betrachten wir die bisher versuchten Eintheilungen der Pseudomorphosen, ihre Bildungart, ihr Vorkommen im Mineralreiche, und die Aehnlichkeit der pseudomorphischen Processe mit den chemischen in unsern Laboratorien und mit den Versteinerungs- und Vererzungs-Processen organischer Ueberreste in den sedimentären Formationen. Wir werden den Beweis führen, dafs die pseudomorphischen Processe weder durch plutonische Wirkungen, noch durch Sublimationen, sondern einzig und allein auf nassem Wege von Statten gegangen sein können. Im zweiten Kapitel kommen wir auf die stöchiometrischen Verhältnisse der Pseudomorphosen und auf die grofse Bedeutung, welche sie für geologische Forschungen haben.

Kap. I.

Eintheilung der Pseudomorphosen, Bildung und Vorkommen derselben.

Blum *) bringt die Pseudomorphosen in zwei Abtheilungen, wovon die erste in drei, die zweite in zwei Unterabtheilungen zerfällt.

Erste Abtheilung. Umwandlungs-Pseudomorphosen.

I. Durch Verlust von Bestandtheilen.

II. Durch Aufnahme von Bestandtheilen.

III. Durch Austausch von Bestandtheilen.

Zweite Abtheilung. Verdrängungs-Pseudomorphosen.

I. Durch Umhüllung.

II. Durch Ersetzung.

Wenn z. B. Malachit in den Formen des Rothkupfererzes vorkommt, so kann diese Umwandlung nur durch Aufnahme von Sauerstoff, Kohlensäure und Wasser erklärt werden; wenn dagegen Hornstein in Kalkspathformen auftritt, so mufs eine Verdrängung des Kalkspaths durch Hornstein stattgefunden haben.

Diese Eintheilung ist gewifs ganz sachgemäfs; nur hält es in manchen Fällen sehr schwer zu entscheiden, ob eine Umwandlung oder eine Verdrängung stattgefunden habe.

*) Die Pseudomorphosen des Mineralreichs 1843 und Nachtrag zu den Pseudomorphosen 1847.

Tritt der Fall ein, dafs das verdrängte und das verdrängende Fossil einen gemeinschaftlichen Bestandtheil haben: so kann es zweifelhaft bleiben, ob man es mit einer wirklichen Verdrängungs-Pseudomorphose zu thun habe. Hat man jedoch Gründe anzunehmen, dafs dieser gemeinschaftliche Bestandtheil nicht von dem verdrängten Fossile zum verdrängenden übergegangen sei: so schwindet dieser Zweifel. Wenn z. B. das kohlensaure Zinkoxyd in Formen von kohlensaurem Kalke gefunden wird: so können wir, abgesehen von allen übrigen Merkmalen, welche jene Krystalle als Verdrängungs-Pseudomorphosen characterisiren, nicht annehmen, dafs das Zinkoxyd gegen den Kalk ausgetauscht worden, und die Kohlensäure geblieben sei; mithin eine Umwandlungs-Pseudomorphose stattgefunden habe.

Diesen Fall hat Blum vorgesehen; aber wir können noch weiter gehen. Derselbe zählt z. B. die Pseudomorphose des Kalkspaths nach Formen von Gypsspath zu den Umwandlungs-Pseudomorphosen, wobei Schwefelsäure und Wasser verloren gegangen und Kohlensäure an die Stelle getreten sein soll. Es läfst sich indefs nicht entscheiden, ob der Kalk im Kalkspathe noch derselbe Kalk ist, welcher im Gypsspathe enthalten war. Es ist möglich, dafs Gewässer mit dem letzteren in Berührung gekommen sind, welche kohlensaures Natron enthielten, und dafs dieses den schwefelsauren Kalk in schwefelsaures Natron und kohlensauren Kalk zersetzt hat, wovon jenes von den Gewässern fortgeführt, dieses abgesetzt worden ist. Es ist eben so gut denkbar, dafs Gewässer, welche Kalkbicarbonat enthielten, dieses abgesetzt und dagegen den schwefelsauren Kalk aufgelöst und fortgeführt haben. Im ersteren Falle würde es eine Umwandlung durch Austausch von Bestandtheilen, im zweiten eine Verdrängung sein.

Die Pseudomorphosen des Specksteins nach Bitterspath und nach Quarz zählt Blum ebenfalls zu den Umwandlungs-Pseudomorphosen. Es ist aber kaum anzunehmen, dafs in jener die Magnesia des Specksteins noch die des Bitterspaths und in dieser die Kieselsäure des Specksteins noch die des Quarzes sei. Es hat gewifs mehr für sich, hier Verdrängungs- als Umwandlungs-Pseudomorphosen anzunehmen. So möchten wir mehrere von den Pseudomorphosen, welche Blum zu

den Umwandlungs-Pseudomorphosen zählt, zu den Verdrängungs-Pseudomorphosen zählen. Wir haben darauf schon Bd. I. S. 789 u. fg. und S. 794 Note gedeutet und es namentlich wahrscheinlich zu machen gesucht, dafs die meisten unter den vielen Pseudomorphosen des Specksteins und des Talks nach Formen anderer Fossilien Verdrängungs-Pseudomorphosen sein möchten.

Auf der andern Seite giebt es Pseudomorphosen, welche man, weil die Bestandtheile des ursprünglichen und des umgewandelten Fossils ganz verschieden sind, zu den Verdrängungs-Pseudomorphosen zählen mufs. Gleichwohl zeigen sie Erscheinungen, welche Aehnlichkeit mit der Bildung von Umwandlungs-Pseudomorphosen haben. Diefs ist der Fall bei den Verdrängungs-Pseudomorphosen des Steinmarks nach Flufsspath. Hier fehlt das eigentliche Kennzeichen einer Pseudomorphose durch Umhüllung oder Ersetzung: nämlich die scharfe Trennung der beiden Substanzen von einander; beide scheinen gleichsam in einander überzugehen *).

Blum hält den Unterschied zwischen Umhüllungs- und Ersetzungs-Pseudomorphosen für begründet in der Natur; er läfst sich aber nicht streng durchführen. Es giebt Fälle, wo ein und dasselbe Fossil die Formen eines andern aufzuweisen hat, bei deren Entstehung man zum Theil Umhüllung, zum Theil Ersetzung annehmen kann und mufs. Jene Formen erscheinen nämlich im ersteren Falle hohl, im anderen aber erfüllt, wie diefs z. B. der Manganit zeigt, wenn er in Gestalten des Kalkspaths vorkommt. Es kann auch eine anfängliche Umhüllung zur gänzlichen Ersetzung werden, wenn sich die neue Substanz im Innern stets mehr und mehr ansetzt, je mehr die ältere verschwindet und zuletzt, das Innere gänzlieh erfüllend, den Raum des früheren Krystalls völlig einnimmt. Es ist dann schwer, diese Bildungsart der Verdrängungs-Pseudomorphosen von der, wo der Procefs an einem Puncte beginnt, sofern man keine Mittelstufen besitzt, zu unterscheiden. Die auf letztere Art entstandenen Pseudomorphosen möchten jedoch in der Regel ebenere Flächen und schärfere Kanten besitzen.

*) Blum a. a. O. S. 255.

Man nimmt auch Ausfüllungs-Pseudomorphosen an, welche entstehen sollen, wenn Krystalle eines Fossils von einer andern Masse umhüllt und hierauf durch irgend eine Ursache zerstört werden, wodurch leere, der Form der Krystalle entsprechende Räume in jener Masse zurückbleiben, welche von einer neuen Substanz erfüllt werden.

Blum ist der Ansicht, dafs dieser complicirte Procefs nie stattgefunden habe; denn man habe bis jetzt keine Gelegenheit gehabt, ihn im Mineralreiche stufenweise zu verfolgen, oder so nachzuweisen, wie diefs bei den andern Arten von Pseudomorphosen-Bildung der Fall ist.

Unterscheiden wir bei unsern Betrachtungen die Umwandlungs-Pseudomorphosen von den Verdrängungs-Pseudomorphosen so weit, als es möglich ist: so ist es nöthig, um Verwechslungen und Mifsverständnisse zu vermeiden, dafs wir uns an eine bestimmte Sprache halten. Wo daher von Pseudomorphosen im Allgemeinen die Rede ist, gebrauchen wir dieses Wort schlechtweg und bezeichnen die Processe selbst mit dem Namen pseudomorphische; wo aber von der einen oder der andern Classe von Pseudomorphosen gehandelt wird, werden wir stets zwischen Umwandlungs- und Verdrängungs-Pseudomorphosen unterscheiden.

Es ist die Aufgabe des Chemikers, die Processe, wodurch die Pseudomorphosen entstanden sind, so viel wie möglich zu entziffern. Bei manchen gelingt es auf die Spur zu kommen, bei andern weniger.

Die pseudomorphischen Processe gingen theils von aufsen nach innen, theils von innen nach aufsen vor sich. Bei den Verdrängungs-Pseudomorphosen durch Umhüllung umzieht eine Mineralsubstanz eine andere und diese verschwindet meist ganz, selten theilweise, wodurch gewöhnlich hohle Krystalle und Krystalle mit rauher und drusiger Oberfläche entstehen. Bei den Verdrängungs-Pseudomorphosen durch Ersetzung beginnt die Verdrängung an einem äufsern Puncte des ursprünglichen Fossils, wahrscheinlich meist da, wo es auf anderem Gesteine aufgesessen, oder wo es den Einwirkungen der neuen Substanz zuerst und wohl auch am stärksten ausgesetzt war, und schreitet von hier nach und nach vor, so dafs diese die ursprüngliche Substanz der ganzen Masse nach ersetzt. Selten trifft man in

diesem Falle noch Reste des ursprünglichen Fossils an den äufsersten Spitzen der Krystalle, oder an den Theilen, welche den zuerst verdrängten gegenüber liegen; meist ist jenes gänzlich verschwunden und giebt seine frühere Existenz nur durch seine zurückgelassene Form zu erkennen.

Es giebt Fälle, wo man nicht bestimmt entscheiden kann, ob die Verdrängung auf diese oder auf jene Weise vor sich gegangen ist; denn auch bei den durch Umhüllung entstandenen Pseudomorphosen kann eine gänzliche Ausfüllung, obgleich wohl seltener, stattfinden. Auch zeigt sich eine theils rauhe, theils glatte Oberfläche sowohl bei den Umhüllungs- als bei den Ersetzungs-Pseudomorphosen; obgleich die glatte Oberfläche mehr den letzteren eigen ist.

Blum scheint zwischen der Bildungsart einer Umwandlungs- und Verdrängungs-Pseudomorphose eine wesentliche Verschiedenheit anzunehmen. Die Bildung der letzteren ist es aber, sagt er, bei welcher wir keinen unmittelbaren chemischen Vorgang annehmen können: es ist hier keine Veränderung in einem Minerale durch die seiner Bestandtheile hervorgerufen worden, sondern es tritt eine Mineralsubstanz gegen eine andere gleichsam feindlich und in der Weise auf, dafs sie die Stelle der letzteren ganz oder zum Theil einnimmt, jedoch nur allmälig und in dem Augenblicke, wo Partickelchen von jener verschwinden. Dieser Procefs soll ein mechanischer sein.

Die pseudomorphischen Processe sind mit künstlichen chemischen Processen zu vergleichen, wo Flüssigkeiten auf feste und zwar auf un- oder schwer-lösliche Substanzen wirken.

Die Umwandlungs-Pseudomorphosen durch Verlust von Bestandtheilen sind mit der Zersetzung schwerlöslicher Salze durch Basen, z. B. mit der Zersetzung der basisch-schwefelsauren Thonerde durch ein Alkali zu vergleichen. Die Thonerde scheidet sich aus, die Schwefelsäure wird vom Alkali als schwefelsaures Salz fortgeführt. Ein ähnlicher Procefs würde auch in der Natur vor sich gehen, wenn Wasser, kohlensaures Natron enthaltend, über basisch-schwefelsaure Thonerde flösse. Ein zweites Beispiel bietet die Zersetzung mancher Silicate durch eine Auflösung eines kohlensauren Alkali dar.

Die Umwandlungs-Pseudomorphosen durch Aufnahme von Bestandtheilen finden eine Analogie in der Umwandlung der Schwefelmetalle in schwefelsaure Salze, wie z. B. des Eisenkieses in Eisenvitriol auf den Vitriol-Bühnen. Der Sauerstoff der Luft und in den Meteorwassern, welche auf die Kiese fallen, wird aufgenommen, und dadurch die Umwandlung bewirkt.

Die Umwandlungs-Pseudomorphosen durch Austausch von Bestandtheilen sind zu vergleichen mit den Zersetzungen schwerlöslicher Salze durch lösliche, wie z. B. des schwefelsauren Baryts oder schwefelsauren Kalks durch eine Lösung eines kohlensauren Alkali. Die Schwefelsäure jener Salze geht in Verbindung mit dem Alkali als lösliches Salz fort, die Erde bleibt mit der Kohlensäure verbunden als schwerlösliches Salz zurück.

Die Verdrängungs-Pseudomorphosen gleichen der Zersetzung der metallischen Salze durch Metalle, den sogenannten Metall-Vegetationen. Die in eine Lösung eines Bleisalzes getauchte Zinkstange wird nach und nach durch das Blei verdrängt. Wenn man, statt die Zinkstange in die Bleiauflösung zu hängen, wie es bei der Darstellung des Bleibaums geschieht, umgekehrt die Auflösung über das Zink leitete: so würde das Zink fortgeführt werden und Blei an seine Stelle treten. Ein anderes Bild einer Verdrängungs-Pseudomorphose bietet die Zersetzung verschiedener Metallsalze, wie z. B. des Eisenoxydsalzes durch kohlensauren Kalk dar. Der letztere verschwindet und das Metalloxydhydrat des zersetzten Metallsalzes tritt an seine Stelle.

Diese Zersetzungs-Processe befremden den Chemiker nicht; ebenso wenig können ihm daher ähnliche Processe im Mineralreiche auffallend sein. Es ist nur der Unterschied, dafs Zersetzungen im Laboratorium meist in kurzer Zeit, häufig augenblicklich erfolgen, während sie in der Natur wegen der, in geringen Quantitäten in Gewässern aufgelösten Stoffe, und wegen der grofsen Schwerlöslichkeit der Substanzen, welche aus einem, in der Pseudomorphose begriffenen Fossile, ausgeschieden werden, aufserordentlich langsam von statten gehen. Auch in unsern Laboratorien zeigt sich in der Dauer der Processe, je nach dem Grade der Concentra-

tion oder der Verdünnung der Flüssigkeiten, ein Unterschied. Je concentrirter die Auflösungen, desto schneller sind die Zersetzungen. Die Fällung des Blei's durch Zink geht um so langsamer vor sich, je verdünnter die Auflösung des Bleisalzes ist; aber um so schöner bildet sich auch dann die metallische Vegetation aus. Niederschläge aus concentrirten Auflösungen setzen sich oft nach wenigen Minuten vollständig ab, während sie in verdünnten Flüssigkeiten Tage lang suspendirt bleiben. Die Fällung des Eisens und des Kupfers durch Kaliumeisencyanür bieten Beispiele dar. Im hohen Grade verdünnte Eisensalz-Lösungen bleiben, nach dem Zusatze dieses Fällungsmittels, Tage lang blau gefärbt, ohne sichtbaren Niederschlag zu zeigen, und eben so verhält es sich mit der rothen Färbung der Kupfersalz-Lösungen, wenn sie in sehr verdünntem Zustande mit Kaliumeisencyanür versetzt werden. Dagegen scheiden sich aus beiden Auflösungen, wenn sie concentrirt sind, die Niederschläge augenblicklich ab.

Jene Erscheinung, die lang dauernde Suspension eines Niederschlags aus einer sehr verdünnten Auflösung, giebt uns Winke, wie man sich die Fortführung mancher, in der Chemie für unauflöslich genommenen Substanzen, bei der pseudomorphischen Zersetzung der Fossilien, zu denken habe.

Bei unseren chemischen Versuchen geschieht es nicht selten, dafs sich schwefelsaurer Baryt viele Tage lang im Wasser schwebend erhält. Wäre es daher nicht denkbar, dafs, bei der Pseudomorphose des Quarzes nach Barytspath, dieser höchst schwerlösliche Körper von den Wassertropfen, welche jenen zugeführt haben, in Suspension fortgeführt würde? — Könnten nicht manche Stoffe, welche einen pseudomorphischen Procefs hervorrufen, von Gewässern gleichfalls nur im suspendirten Zustande herbeigeführt werden? — Bei so hohen Graden der Verdünnung geht, möchte man sagen, der gemengte Zustand in den gemischten über. Die Zuführung im aufserordentlich suspendirten Zustande könnte vielleicht eine Bedingung für die Bildung eines Körpers in fremder Krystallform sein.

Man kann den Procefs, wodurch Pseudomorphosen im Mineralreiche entstehen, in der chemischen Sprache einfach so ausdrücken, dafs das ursprüngliche Fossil, in dessen Kry-

stallform wir das pseudomorphosirte finden, das Fällungsmittel für die Stoffe in den Gewässern sei, welche mit ihm in Berührung kommen. Werden von diesen Fällungsmitteln nur einzelne Bestandtheile ganz oder theilweise fortgeführt: so haben wir Umwandlungs-Pseudomorphosen durch Verlust von Bestandtheilen. Nehmen die Fällungsmittel neue Bestandtheile aus den mit ihnen in Berührung kommenden Gewässern auf: so stellen sich Umwandlungs-Pseudomorphosen durch Aufnahme von Bestandtheilen dar. Geschieht beides zugleich: so haben wir Umwandlungs-Pseudomorphosen durch Austausch von Bestandtheilen. Werden die Fällungsmittel gänzlich fortgeführt, und treten neue Substanzen an ihre Stelle: so erhalten wir Verdrängungs-Pseudomorphosen.

Gehen wir davon aus, dafs die pseudomorphischen Processe auf nassem Wege erfolgen, und wir werden Beweise dafür beibringen: so lassen sich die Verdrängungs-Pseudomorphosen durch folgendes allgemeine Schema versinnlichen.

A Flüssigkeit

B

A ist das ursprüngliche Fossil, *B* ist das verdrängende. Ist *B* in einer Flüssigkeit aufgelöst und hat *A* eine gröfsere Verwandtschaft zu derselben, als *B*, so führt die Flüssigkeit *A* fort und *B* bleibt zurück. Tröpfeln wir z. B. eine Auflösung von Thonerde in Schwefelsäure auf Kali, so bemächtigt sich das Kali der Schwefelsäure und die Thonerde scheidet sich aus.

Kali Schwefelsäure

Thonerde

Das Kali repräsentirt das ursprüngliche Fossil, die Thonerde das verdrängende, die Schwefelsäure, welche die Thonerde verläfst, ergreift das Kali und führt es fort. Wenn es nöthig wäre, die Sache durch ein wirkliches Experiment zu versinnlichen, so dürfte man nur ein Stück Kali in einen Glas-

trichter legen und darauf eine mit Wasser verdünnte Auflösung von Thonerde in Schwefelsäure tropfenweise fallen lassen. Eine Auflösung von schwefelsaurem Kali würde durch den Trichter abfiltriren und die Thonerde auf demselben zurückbleiben. Wäre nach und nach so viel Schwefelsäure durch die schwefelsaure Thonerde mit dem Kali in Berührung gekommen, als letzteres zu seiner Sättigung fordert: so würde alles Kali verschwunden und Thonerde an die Stelle getreten sein. Wir hätten dann ein Analogon einer Verdrängungs-Pseudomorphose, wobei das ursprüngliche Fossil gänzlich verdrängt wäre. Hätte dagegen das Zutröpfeln der Auflösung der schwefelsauren Thonerde früher aufgehört, als dieser Sättigungs-Zustand eingetreten wäre: so hätten wir ein Analogon einer Verdrängungs-Pseudomorphose, in welcher Reste des ursprünglichen Fossils noch zurückgeblieben wären.

Alle Verdrängungs-Pseudomorphosen lassen sich in der Form des obigen allgemeinen Schema's darstellen. Z. B. die nicht selten vorkommenden des Quarzes in Formen von Kalkspath.

Kohlensaurer Kalk Wasser }

 Kieselsäure }

Eine Auflösung von Kieselsäure in Wasser tropft auf kohlensauren Kalk. Das Wasser ergreift den kohlensauren Kalk und läfst die Kieselsäure fallen. Nichts ist leichter, als diesen Procefs zu begreifen; denn wir finden kohlensauren Kalk und Kieselsäure fast in jedem Quellwasser aufgelöst.

Nach dieser Auseinandersetzung scheint es, dafs man bei den Verdrängungs-Pseudomorphosen eben so gut einen unmittelbaren chemischen Vorgang anzunehmen habe, wie bei den Umwandlungs-Pseudomorphosen. Das feindliche Auftreten einer Mineralsubstanz gegen eine andere (S. 191) läfst sich einfach auf das Spiel der Wahlverwandtschaften zurückführen. In keiner Weise können wir den Procefs bei den Verdrängungs-Pseudomorphosen einen mechanischen nennen. Wie man sich auch den Hergang denken möge; nimmermehr kann

man die Verdrängung von mechanischen Kräften ableiten. Ein Fortschieben einer Substanz durch eine andere kann nicht gedacht werden.

Für die Umwandlungs-Pseudomorphosen lassen sich mehrere Schema's entwerfen. Eine der einfachsten Formen ist das allgemeine Schema für die Wirkung der doppelten Wahlverwandschaft

A	*C*
B	*D*

Auf ein Fossil aus den Bestandtheilen *A* und *B* tropft eine Flüssigkeit, welche eine Verbindung der beiden Bestandtheile *C* und *D* enthält. Ist die Summe der Verwandtschaften von *A* zu *C* und von *B* zu *D* gröfser, als die Summe der Verwandtschaften von *A* zu *B* und von *C* zu *D*: so erfolgt eine Zerlegung durch doppelte Wahlverwandtschaft, und es entstehen die beiden neuen Verbindungen aus *A* und *C* und aus *B* und *D*. Ist die letztere leichtlöslich, die erstere aber schwerlöslich, so führt dieselbe Flüssigkeit, welche die Verbindung aus *C* und *D* zugeführt hat, die aus *B* und *D* fort und die aus *A* und *C* bleibt zurück. *A B* ist also das ursprüngliche, *A C* das an dessen Stelle getretene Fossil.

Ist z. B. *A B* schwefelsaurer Kalk und *C D* kohlensaures Natron, so entsteht kohlensaurer Kalk und schwefelsaures Natron: jener tritt an die Stelle des schwefelsauren Kalks, dieses wird von den Gewässern fortgeführt. Wir haben daher eine Umwandlungs-Pseudomorphose in der Form des obigen allgemeinen Schema's.

Gyps	Schwefelsäure	Natron
	Kalk	Kohlensäure
	Kalkspath.	

Auf diese Weise konnte die schon oben erwähnte Pseudomorphose des Kalkspaths in Formen von Gyps entstanden

sein. Da der Gyps wasserhaltig, der Kalkspath wasserfrei ist, so ging bei dieser Umwandlung jener Wassergehalt mit dem Wasser, welches das schwefelsaure Natron wegführte, fort.

Es würde nicht schwierig sein, die meisten Umwandlungs-Pseudomorphosen durch solche Schema's anschaulich zu machen. Da jedoch je nach den Bestandtheilen einer Flüssigkeit, welche die Zersetzungen bewirken, verschiedene Modificationen stattfinden können: so würden wir uns, bei weiterer Verfolgung, in Möglichkeiten verlieren, ohne in den einzelnen Fällen die Wirklichkeit nachweisen zu können. Nur ein Beispiel möge noch zeigen, wie Stoffe, welche in den Gewässern zu den häufig vorkommenden gehören, die verschiedenartigsten Umwandlungen hervorrufen können. Wir wählen die nicht seltene Umwandlung des Bleiglanzes in kohlensaures Bleioxyd. Gewässer, welche Sauerstoff und kohlensaures Natron enthalten, können, wenn sie fortwährend in Berührung mit Bleiglanz kommen, sehr leicht diese Umwandlung bewirken, wie das nachstehende Schema zeigt.



Die durch Oxydation des Schwefels im Bleiglanze entstandene Schwefelsäure wird in Verbindung mit Natron als leichtlösliches Salz durch die Gewässer fortgeführt, und das kohlensaure Bleioxyd bleibt zurück.

Berücksichtigen wir die Zusammensetzung so vieler Fossilien aus mehreren Silicaten, berücksichtigen wir die mancherlei Bestandtheile, welche Gewässer enthalten: so ist einleuchtend, wie Pseudomorphosen entstehen können, in denen wir nur wenige Bestandtheile des ursprünglichen Fossils wieder finden.

So wenig schwierig die pseudomorphischen Processe von der chemischen Seite zu begreifen sind, so schwierig ist

der wesentliche Umstand, die Beibehaltung der ursprünglichen Krystallform, einzusehen.

Es ist von Wichtigkeit, dafs es gelungen ist, auch auf künstlichem Wege Pseudomorphosen darzustellen.

Berzelius *) hat zuerst eine solche künstliche Darstellung uns gelehrt. Wenn man, nach ihm, Eisenoxyd, Eisenoxydhydrat, künstliches oder natürliches, kohlensaures Eisenoxydul, letztere beide in Pulver oder in ganzen Krystallen, einem Strome von Schwefelwasserstoffgas, bei einer Temperatur, die 80° R. übersteigt, aber noch nicht völlig bis zur Glühehitze reicht, aussetzt: so werden diese Oxyde in Eisenkies umgewandelt. Wendet man krystallisirte Körper an, so behalten sie ihre Form und ihren Glanz und eine zuvor matte Oberfläche wird auch matt bei der neuen Verbindung. Selbst Bruchflächen und Blätterdurchgänge gleichen denen der ursprünglichen Krystalle; mit einem Worte, man hat hier ein getreues Bild von den Afterbildungen im Mineralreiche.

Als Mitscherlich **) Alkohol über Eisenvitriolkrystallen bis fast zum Sieden erhitzte, erfolgte eine Zersetzung, obgleich die äufsere Gestalt der Krystalle ungeändert blieb. Beim Herausnehmen und Zerbrechen derselben zeigte sich jeder von ihnen hohl und als eine Geode von glänzenden Krystallen, welche auf die Ebenen der ursprünglichen Krystalle abgesetzt waren. Jene hatten die Form von achtseitigen Prismen und enthielten halb so viel Wasser, wie die gewöhnliche Species.

Haidinger ***) beobachtete gelegentlich in einem Porcellan-Glühofen, dafs Eisenvitriol, sehr langsam bis zum Glühen erhitzt, Pseudomorphosen von Eisenoxyd giebt.

Stein †) wandelte einen Gypskrystall in kohlensauren Kalk um, indem er ihn mit einer Lösung von kohlensaurem Natron mehrere Wochen, bei 40° R., in Berührung liefs. Alle auf der gebogenen Fläche des Krystalls befindlichen Streifen

*) Sechster Jahresbericht. S. 165.

**) Poggend. Annal. Bd. XI. S. 179.

***) Ebend. Bd. LXII. S. 172.

†) Neue Jahrb. für Mineral. Jahrg. 1845. S. 403.

waren hierbei vollkommen erhalten, nicht weniger der Blätter-Durchgang in der Richtung der T-Flächen.

Ebenso gelang es ihm, einen Kalkspathkrystall ganz mit Eisenoxydhydrat, unter Beibehaltung der Form und Flächen, zu überziehen, als er denselben in eine verdünnte Auflösung von schwefelsaurem Eisenoxydul legte. So wie sich nämlich das Eisenoxydul nach und nach oxydirte, wurde es vom kohlensauren Kalke niedergeschlagen, und da jedes Atom Eisenoxydhydrat, so wie es sich bildete, gegen Kalk ausgetauscht wurde: so wurden Form und Flächen beibehalten. Die Verdrängungs-Pseudomorphose gelang nicht, als er einen Kalkspathkrystall in eine sehr verdünnte Lösung von Eisenchlorid legte. Das Eisenoxyd wurde zwar gefällt; aber es legte sich nicht in der Form des Kalkspaths an, weil ohne Zweifel die Fällung zu schnell von Statten gegangen war.

Auflösungen von schwefelsaurem Eisenoxydul gehören im Mineralreiche zu den grofsen Seltenheiten; unseres Wissens ist es, unter allen bis jetzt untersuchten Mineralquellen, nur das *Alexisbad* am *Unterharz*, welches dieses Salz enthält. Daher hat es sehr wenig Wahrscheinlichkeit, dafs die Umhüllungs-Pseudomorphosen des Brauneisensteins nach Kalkspath-Formen aus der Reaction einer Lösung des schwefelsauren Eisenoxyduls auf kohlensauren Kalk entstanden sein sollten. Ob aus dem in der Natur vorzugsweise vorkommenden Eisenoxydulsalze, aus einer Lösung des Eisenoxydul-Carbonats, die genannte Pseudomorphose entstehen könne, wäre wohl eines Versuchs werth. Es wäre möglich, dafs die im Momente der Oxydation des Eisenoxyduls frei werdende Kohlensäure sich des kohlensauren Kalks bemächtigte und denselben in Bicarbonat umwandelte, welches vom Wasser fortgeführt würde.

Die Umwandlungs-Pseudomorphose von Silberglanz in Formen von Rothgültigerz ahmte S t e i n auf eine einfache Weise nach, indem er die Krystalle des letzteren mit Schwefelammonium in Berührung brachte. Nach wenigen Stunden war die Umwandlung vollendet. Da Schwefelnatrium dieselbe Wirkung gehabt haben würde, und diese Schwefelleber in Schwefelquellen vorkommt: so könnte dadurch wohl die Umwandlung im Mineralreiche stattgefunden haben.

So wie bei diesen künstlichen pseudomorphischen Processen nur unter gewissen Bedingungen, namentlich bei langer Dauer derselben, die Form beibehalten wird: so ist es auch bei diesen Processen im Mineralreiche. Finden diese Bedingungen nicht statt, so geht die ursprüngliche Krystallform verloren. Hier die vorzüglichsten der bis jetzt bekannt gewordenen Fälle, in denen bei demselben Umwandlungsprocesse in verschiedenen Stufen bald die ursprüngliche Gestalt erhalten worden, bald verloren gegangen ist.

Antimonblüthe nach gediegenem Antimon. Die frühere Form (krystallinisch körnige Structur) ist zum Theil erhalten, zum Theil hat sich eine feinfaserige oder strahlige Structur eingefunden, welche jene verwischte.

Bleivitriol in der Form von Bleiglanz. Man findet zuweilen compacte Massen von Bleivitriol, die durch Zersetzung aus Bleiglanz gebildet sind, und manchmal noch, parallel den Würfelflächen, den Blätterdurchgängen der letzteren Substanz, Spuren von Rissen zeigen. Aber auch ganze Würfel von Bleiglanz hat man gefunden.

Malachit nach Rothkupfererz. Die vollkommenere Erhaltung der Form scheint mehr bei kleineren Krystallen, oder besonders dann stattgefunden zu haben, wenn ein feiner Ueberzug von Psilomelan oder Brauneisenstein über den Individuen von Rothkupfererz vorhanden war, wodurch deren Schärfe und Glätte gleichsam bewahrt wurde. Die Umwandlung fand meist zu dichtem Malachit statt, doch kommt auch die zu faserigem, erdigem und selbst zu blätterigem Malachit vor.

Buntkupfererz nach Kupferglanz. Nach Haidinger sind die Fossilien, in denen das Schwefelkupfer einen Hauptbestandtheil ausmacht, meist mehr oder weniger allmäligen Veränderungen in ihrer chemischen Zusammensetzung unterworfen, theils mit Beibehaltung der Form, theils mit gänzlichem Verluste derselben.

Kaolin nach Feldspath. Am häufigsten geht die Krystallform verloren; man findet aber auch verwitterten Feldspath, der noch alle Kanten der Krystallform zeigt.

Kaolin nach Leuzit. Die Krystalle bewahren die Form des Leuzits, zerfallen aber gerne bei der leichtesten Berüh-

rung und geben den sogenannten erdigen Leuzit; wie denn überhaupt bei sehr weit vorgeschrittener Zersetzung die ursprüngliche Form ganz verloren geht.

Antimonblüthe nach Antimonglanz. Diese Umwandlung erfolgt zum Theil mit Beibehaltung der früheren Form; häufiger aber verschwindet sie.

Antimonocher nach Antimonglanz. Bei dieser Umwandlung bilden sich gewöhnlich erdige Aggregate, zuweilen findet man aber auch noch die Form des Antimonglanzes, besonders bei kleinen Krystallen, wohl erhalten und kenntlich *).

Pyromorphit nach Bleiglanz. Man sieht Würfel mit einer ganz feinen Rinde von Brauneisenstein überzogen, deren Inneres aber ganz mit Pyromorphit erfüllt ist. Bei einem andern Exemplar bildet Quarz die Rinde.

Kohlensaures Bleioxyd nach Bleiglanz. Bei dieser Umwandlung geht gewöhnlich die Form des Bleiglanzes verloren und das kohlensaure Bleioxyd bildet sich in seinen eigenen Gestalten. Es kommen aber auch Fälle vor, wo die Krystallform erhalten ist. Diejenigen Krystalle, welche sehr deutlich die Würfelform zeigen, sind meist mit einer Rinde von Quarz und Brauneisenocher überzogen, und dieser Ueberzug scheint die Krystallumrisse vollständig bewahrt zu haben.

Göthit und Brauneisenstein nach Eisenkies. Das Brauneisenerz, in welches die Eisenkiese umgewandelt sind, ist gewöhnlich dicht und hat einen ebenen Bruch, zuweilen ist es auch porös und erdig. Wahre Pseudomorphosen des Brauneisensteins in den verschiedensten Formen des Eisenkieses sind häufiger, als jene mit erdigem oder porösem Innern.

Brauneisenstein nach Skorodit. Diese Umwandlung erfolgt manchmal mit Beibehaltung der Form; eine Zersetzung in formlosen Brauneisenocher findet aber häufiger statt.

Brauneisenstein nach Würfelerz. Bei dieser Umwandlung erhält sich selten die Form; jedoch dann, wenn sich zuerst eine Rinde von dichtem Brauneisenstein gebildet hat.

Brauneisenstein nach Eisenspath. Die umgewandelte Masse stellt sich theils als dichter Brauneisenstein, theils als Brauneisenocher dar. In letzterem Falle umgiebt jedoch ge-

*) Vergl. Blum's Nachtrag. S. 89.

wöhnlich eine Rinde von dichtem Brauneisenstein den erdigen Kern, wodurch die frühere Form erhalten wurde.

Eisenvitriol nach Eisenkies. Die so häufig vorkommende Zersetzung von Eisenkies und Strahlkies in Eisenvitriol ist gewöhnlich mit Verlust der Form verbunden. Blum besitzt jedoch eine Stufe, in welcher der Eisenvitriol sehr deutlich die Form eines Eisenkies-Würfels zeigt.

Kobaltblüthe nach Speiskobalt. Gewöhnlich geht bei dieser Umwandlung die regelmäfsige Form verloren. Blum besitzt aber gleichfalls eine Stufe, wo sie erhalten ist.

Kupferschwärze nach Kupferglanz. Sehr selten ist die Krystallform erhalten. Haidinger beschreibt aber eine Stufe mit Krystallen von Kupferglanz, welche sich in Kupferschwärze verwandelt zeigen.

Malachit nach Kupferkies. Bei dieser Umwandlung findet man sehr selten die Form des Kupferkieses erhalten.

Brauneisenstein nach Eisenglanz. Diese Umwandlung erfolgt theils mit Beibehaltung der Form, theils mit Verlust derselben, wenn der Eisenglanz zu Eisenocher wird.

Ophit nach Chondrodit. Da beim Chondrodit noch keine deutlichen Krystallgestalten beobachtet wurden, so kann, streng genommen, von Pseudomorphosen nicht die Rede sein. Die wirkliche Umwandlung desselben in Ophit kann aber nicht bezweifelt werden.

Magneteisen nach Eisenspath. Diese Umwandlung erfolgt mit und ohne Beibehaltung der Form.

Kupferpecherz nach Fahlerz. In den meisten Fällen hat sich die Form erhalten; denn es bildete sich bei der Umwandlung des Fahlerzes zuerst eine feste Rinde von dichtem Kupferpecherz, welche die äufsere Form erhielt, als die Veränderung nach dem Innern weiter fortschritt.

Malachit nach Fahlerz. Bei der Zersetzung der Fahlerze in kohlensaure Kupferoxyde haben sich die Formen der erstern selten erhalten. Blum beschreibt aber eine Stufe, welche Malachit in den schönsten und deutlichsten Formen des Fahlerzes zeigt.

Wir sehen, dafs bei denjenigen Fossilien, welche einer verhältnifsmäfsig schnelleren Zersetzung und Umwandlung unterliegen, die Form häufiger verloren geht, als bei denjenigen,

welche sehr langsam verändert werden. Wir sehen ferner, dafs es vorzugsweise Schwefelmetalle und Oxydule (Kupferoxydul, kohlensaures Eisenoxydul, arseniksaures Eisenoxydul) sind, bei welchen die Form häufiger verloren geht, als erhalten wird. Wir wissen, dafs diese Fossilien unter allen am schnellsten zersetzt werden, ja dafs diese Zersetzung, wie beim Eisenkiese und vorzugsweise beim Strahlkiese, schon in unsern Mineralien-Cabineten innerhalb kurzer Zeiträume von statten geht. Die Ursache davon liegt nahe vor Augen; denn es wirken hier diejenigen Zersetzungsmittel, Sauerstoff und Kohlensäure, welche, und namentlich jener, die stärksten Verwandtschaften haben. Wenn daher der Sauerstoff, wie beim Strahlkiese, sogleich energisch eingreift, so geht die ursprüngliche Form verloren und es gehört nur zu den Seltenheiten, wenn sie erhalten wird.

Es scheint ferner, dafs ein auf dem Fossile sich bildender Ueberzug die ursprüngliche Krystallform häufig erhält. In manchen Fällen besteht dieser Ueberzug aus einer, dem ursprünglichen, wie dem umgewandelten Fossile fremden Substanz. Es ist bemerkenswerth, dafs nicht selten Brauneisenstein bei der Umwandlung des Rothkupfererzes in Malachit, des Bleiglanzes in kohlensaures Bleioxyd und in Pyromorphit die Form erhalten hat. In anderen Fällen ist es die umgewandelte Substanz, welche diesen Ueberzug bildet. Es ist nicht minder bemerkenswerth, dafs es bei der Umwandlung des Würfelerzes und des Eisenspaths in Brauneisenstein gleichfalls eine Rinde von dichtem Brauneisenstein ist, welche die frühere Form erhalten hat.

Jene Rinde von Brauneisenstein, welche in den vorhin genannten Fällen sowohl dem ursprünglichen, als dem umgewandelten Fossile fremd ist, giebt einen Wink in Beziehung auf das Genetische. Es kann nicht bezweifelt werden, dafs die Bildung dieses Ueberzugs der erste Act des pseudomorphischen Processes war; denn erst mufste die Schutzmauer vorhanden sein, ehe die Form gegen die Zerstörung geschützt werden konnte. Nichts ist aber leichter zu erklären, als die Bildung des Brauneisensteins; denn es giebt kaum ein im Mineralreiche sich bewegendes Wasser, welches nicht wenigstens Spuren von kohlensaurem Eisenoxydul enthielte, und kein Procefs geht rascher

von Statten, als die Umwandlung dieses Carbonats in Eisenoxydhydrat. Es durfte demnach ein Fossil nur von Zeit zu Zeit durch herabtropfende Gewässer befeuchtet werden, und es mufste nach und nach ein Ueberzug aus dieser Substanz entstehen, welcher, wie ein Firnifs, die Krystallflächen, Kanten und Ecken schützte. Dieser Schutz war dauernd, da das Eisenoxydhydrat zu den unveränderlichsten und unauflöslichsten Substanzen gehört.

Die Unveränderlichkeit zeigen die Pseudomorphosen selbst; denn wir kennen nur eine einzige Umwandlung des Eisenoxydhydrats: das von Haidinger beschriebene Vorkommen von Eisenoxyd nach Formen von Göthit von *Lostwithiel* in *Cornwall*. Und wenn auch ein Ueberzug von Brauneisenstein auf einem Fossile in Eisenoxyd sich umwandelte, so würde er doch nicht aufhören, schützend zu wirken.

Denken wir uns ein Fossil mit einem solchen Firnifs überzogen, so wird es dadurch gegen Angriffe von aufsen, namentlich gegen Angriffe von Gewässern eben so geschützt, wie Metall und Holz durch Harzfinisse. Ist aber nur eine einzige Stelle, wo jener Ueberzug von Brauneisenstein nicht völlig undurchdringlich, wo etwa durch irgend einen zufälligen Umstand die Bildung desselben gehindert wurde: so konnten hier die Gewässer angreifen und nach und nach in das Innere dringen. So kann das ganze Fossil unter dem Ueberzuge allmälig in ein anderes umgewandelt werden, ohne dafs die ursprüngliche Form verloren geht.

Die grofse Schwerauflöslichkeit, wenn nicht völlige Unauflöslichkeit des Eisenoxydhydrats zeigt die regenbogenfarbene Haut auf jedem stagnirenden Sumpfwasser; denn sie ist nichts anderes, als der Anfang des sich ausscheidenden Eisenoxydhydrats, und sie erscheint selbst dann, wenn unsere empfindlichsten Reagentien auf Eisen keinen Eisengehalt in dem Sumpfwasser entdecken lassen.

Sollten die wenigen von Blum angeführten Fälle die einzigen sein, wo Brauneisenstein oder irgend eine andere Substanz die ursprüngliche Form erhalten hat? — Ist es nicht sehr wahrscheinlich, dafs man, wenn auf diesen Umstand besondere Aufmerksamkeit gerichtet wird, noch andere ähnliche Fälle finden werde? —

Die Rinde von dichtem Brauneisenstein bei der Umwandlung des Würfelerzes und des Eisenspaths in Brauneisenstein bildete sich höchst wahrscheinlich aus dem Eisenoxydul des arseniksauren und kohlensauren Salzes selbst. Es durften die ursprünglichen Fossilien nur vom Wasser benetzt werden und es wurde dadurch die höhere Oxydation des Eisenoxyduls und seine Umwandlung in Eisenoxydhydrat bewirkt.

Bei der Umwandlung des Rothkupfererzes in Malachit erwähnt Blum den Psilomelan, bei der des Bleiglanzes in kohlensaures Bleioxyd den Quarz, bei der des Fahlerzes in Kupferpecherz das dichte Kupferpecherz, welche den schützenden Ueberzug gebildet haben. Es mag leicht sein, dafs der Psilomelan und der Quarz in anderen Fällen dieselbe Rolle spielen, da Ueberzüge von diesen Substanzen nicht zu den Seltenheiten gehören.

Auch bei den Verdrängungs-Pseudomorphosen spielt das Eisenoxydhydrat eine Rolle.

An die Spitze treten die vielen Verdrängungs-Pseudomorphosen des Brauneisensteins in Formen anderer Fossilien, nämlich: Barytspath, Flufsspath, Kalkspath, Bitterspath, Quarz, Comptonit, Blende, Bleiglanz, Pyromorphit, kohlensaures Bleioxyd und Rothkupfererz.

Es ist überhaupt bemerkenswerth, dafs der Brauneisenstein und der Quarz diejenigen Fossilien sind, welche mehr, als irgend andere, in Formen so vieler und verschiedenartiger Fossilien vorkommen. Was den Brauneisenstein betrifft, so haben wir schon oben bemerkt, dafs das kohlensaure Eisenoxydul, aus dem er wohl stets hervorgegangen ist, zu den am meisten verbreiteten Bestandtheilen der Gewässer gehört, und dafs das Eisenoxydhydrat eine der unveränderlichsten und schwerauflöslichsten Substanzen ist.

Dasselbe gilt auch von der Kieselsäure. Kaum wird es ein Quellwasser ganz frei von Kieselsäure geben. Hat sich dieselbe aus ihrer wässrigen Lösung abgeschieden und ist sie in die unlösliche Modification übergegangen: so bildet sie einen der unveränderlichsten und unauflöslichsten Körper. Wie kann man sich daher wundern, dafs Brauneisenstein und Quarz auf andern Fossilien so häufig Ueberzüge bilden, welche ihre

Form gegen weitere Angriffe durch Gewässer schützen und so die Veranlassung zu Verdrängungs-Pseudomorphosen gaben? —

Besonders bemerkenswerth ist das Streben des Brauneisensteins, selbst den Quarz zu bezwingen, ohne dafs er jedoch diesen Zweck gewöhnlich erreicht.

Auf der Insel *Elba* nämlich werden die dünnen und kleinen Quarzkrystalle, welche so häufig den Eisenglanz begleiten, zuweilen von faserigem Brauneisenstein ganz umhüllt; aber sie sind gewöhnlich noch unter dieser Decke vorhanden. Nur höchst selten findet man die Quarzmasse verschwunden und hohle Pseudomorphosen von faserigem Brauneisenstein. Ueberzüge von faserigem Brauneisenstein über Quarzkrystallen kommen übrigens nicht selten vor.

Hier zeigt sich recht deutlich die grofse Schwerlöslichkeit der in die unlösliche Modification übergegangenen Kieselsäure. Daher kommt es auch, dafs wir Pseudomorphosen in Formen von Quarz so selten finden; denn aufser der angeführten, kommen nur noch der Eisenkies und der Speckstein in Formen von Quarz vor. Was indefs den ersteren betrifft so findet man ihn zwar nicht selten als Ueberzug von Quarzkrystallen; es fehlt aber an bestimmten Angaben, ob der Quarz jemals ganz verschwunden ist *).

Wir wollen die Pseudomorphosen des Brauneisensteins in Formen anderer Fossilien hier nicht in das Einzelne verfolgen, sondern nur einiges hervorheben.

Die Pseudomorphosen des Brauneisensteins in Formen von Kalkspath, von *Steben* bei *Hof*, zeigen alle Stufen des Umhüllungsprocesses. Die Kalkspathkrystalle verlieren zuerst ihren Glanz, ihre Durchsichtigkeit und Farbe, sie werden trübe, matt und färben sich bräunlichgelb. Die Rinde von Brauneisenstein wird immer deutlicher und stärker, im Innern ist noch ein Kern von Kalkspath; ist aber der Procefs vollendet, so ist der Kalkspath ganz verdrängt und die Krystalle sind hohl.

Wer kann hier verkennen, dafs es Gewässer waren, welche durch theilweise Auflösung des kohlensauren Kalks die

*) Blum a. a. O. S. 300.

Krystallisation der Molecüle zerstörten und gleichzeitig Eisenoxydhydrat in den leeren Zwischenräumen absetzten, wodurch die bräunlichgelbe Färbung entstand? Diese Gewässer setzten auf den Krystallflächen die Brauneisenstein-Rinde ab, und schützten dadurch die Form. An irgend einer entblösten Stelle drangen sie aber in das Innere, lösten den kohlensauren Kalk auf und führten ihn fort, so dafs zuletzt jene Brauneisenstein-Rinde übrig blieb, deren Form den ursprünglichen Kalkspathkrystall anzeigt.

Aehnliche Verhältnisse zeigen sich bei den Pseudomorphosen des Brauneisensteins in Formen von Barytspath, Flufsspath, Bitterspath, Bleiglanz, Pyromorphit, kohlensaurem Bleioxyd und Rothkupfererz. Alle diese Pseudomorphosen sind mehr oder weniger hohl, indem das ursprüngliche Fossil ganz oder theilweise fortgeführt worden ist.

Die merkwürdigen Verdrängungs-Pseudomorphosen des Eisenoxyds in Formen von Kalkspath dürften in dieselbe Categorie gehören. Wir behalten uns vor, davon bei einer andern Gelegenheit zu handeln.

Wir lassen nun noch einiges folgen, welches gleichfalls die wichtige Rolle des Eisenoxydhydrats bei den Verdrängungs-Pseudomorphosen anzeigt.

Quarz nach Barytspath. Die meisten Krystalle zeigen, wenn sie durchbrochen sind, feine röthlich-schwarze Streifen von Eisenoxyd, welche die frühere Stärke der Barytspathkrystalle andeuten, und nichts anderes, als die Querdurchschnitte einer feinen Eisenoxyd-Lage sind, die sich auf der Oberfläche des ursprünglichen Barytspathkrystalls angelegt hatte.

Gyps nach Steinsalz. Beim Durchbrechen der Krystalle bemerkt man eine Haut von Dolomit, welche das Ganze umgiebt.

Quarz nach Flufsspath. Die Würfelkrystalle von Quarz vom *Rothenberge* bei *Schwarzenberg* zeigen sich bisweilen rein, sehr scharfkantig und nur auf der Oberfläche etwas roth gefärbt; meist aber haben sie eine Rinde von Rotheisenstein. In den Barytspath-Gängen bei *Schriesheim* finden sich papierdünne Ueberzüge von Quarz, welche sich über Flufsspath angelegt hatten, der aber ganz verschwunden ist.

Quarz nach Kalkspath. Die Pseudomorphosen vom *Teu-*

felsgrunde bei *Münsterthal* in *Baden* haben einen feinen Ueberzug von Bitterspath, der dieselben theilweise, selten ganz bedeckt.

Kieselzink nach Kalkspath. Man findet Krystalle von schwärzlichbrauner oder ochergelber Farbe, welche von einem Ueberzuge von Brauneisenocher herzurühren scheint.

Bei den Umwandlungs- und Verdrängungs-Pseudomorphosen hommt noch in Betracht, ob das neue Fossil, welches durch den pseudomorphischen Procefs entsteht, eine eigene selbstständige Krystallgestalt hat, oder nicht. Ein nichtkrystallisirbares Fossil kann sich leicht in fremde Formen schmiegen; hat es aber seine eigenthümliche Krystallform, so müssen bei der Pseudomorphose besondere Umstände stattfinden, welche der Annahme der selbstständigen Form entgegentreten. Im Vorhergehenden haben wir einen solchen Umstand in dem sich bildenden Ueberzuge kennen gelernt. Ob dieser der einzige ist, oder ob noch andere Umstände die Annahme der selbstständigen Form verhindern können, müssen wir dahin gestellt lassen.

Die so häufigen Pseudomorphosen des Specksteins, Kaolins, Brauneisensteins, Chalcedons in Formen anderer Fossilien gehören unter anderen zu denjenigen, wo das neue Fossil nicht krystallisirbar ist. Dagegen sind die Pseudomorphosen des Barytspaths nach Formen von kohlensaurem Baryt, des Bitterspaths nach Formen von Kalkspath, des Eisenkieses nach Formen von Barytspath, Kalkspath u. s. w. solche, wo das neue Fossil krystallisirbar ist.

Zählt man in Blum's Werken alle Fälle zusammen, in denen das neue Fossil keine selbstständige Krystallgestalt hat: so finden sich

unter den Umwandlungs-Pseudomorphosen . .	53
unter den Verdrängungs-Pseudomorphosen . .	45 *)
Sa.	98

*) Die Verdrängungs-Pseudomorphosen des Quarzes nach Formen anderer Fossilien haben wir dazu gerechnet, weil der Quarz im Mineralreiche häufiger im amorphen, als im krystallisirten Zustande vorkommt.

Die Zahl der Fälle, in denen das neue Fossil eine selbstständige Krystallgestalt hat, beläuft sich

unter den Umwandlungs-Pseudomorphosen auf		61
unter den Verdrängungs-Pseudomorphosen auf		34
	Sa.	95

Die Zahl beider Fälle ist sich also sehr nahe gleich.

Oben haben wir unter den Umwandlungs-Pseudomorphosen ungefähr 20 Fälle kennen gelernt, in denen das neue oder umgewandelte Fossil sowohl in seiner eigenen Gestalt, als in der des ursprünglichen Fossils erscheint. Ziehen wir diese von jenen 61 Fällen ab, so bleiben 41 übrig. Diefs ist also die Zahl der Fälle, wo bei den Umwandlungen stets die Form des ursprünglichen Fossils beibehalten wird. Es ist aber klar, dafs darunter viele sein können, wo unter gewissen Umständen die Form verloren geht; denn diese Fälle sind es ja gerade, welche am schwierigsten zu ermitteln sind.

Erfolgen die Umwandlungen und Verdrängungen im Mineralreiche auf trocknem oder auf nassem Wege? — Diefs ist eine der wichtigsten Fragen, deren Beantwortung wir versuchen wollen. An verschiedenen Stellen (unter andern Bd. I. S. 848) haben wir unser Glaubensbekenntnifs schon dahin ausgesprochen, dafs alle diese Processe auf nassem Wege von Statten gegangen sind und noch von Statten gehen. Ehe wir diefs durch Beweise erhärten, folgen einige geschichtliche Rückblicke.

Blum bleibt beim Thatsächlichen stehen. „Die Natur zeigt uns Pseudomorphosen, wir können Uebergänge einer Substanz in die andere nachweisen und haben in der Form einen festen Stützpunct; allein wir vermögen nicht den Vorgang zu erklären, die Erfahrungen der Chemiker reichen nicht aus, die Untersuchungen der Geognosten sind in dieser Beziehung noch mangelhaft, es bleibt uns nichts übrig, als zu gestehen, dafs es so sei. Jedenfalls liefern aber die mit dem Auftreten der Pseudomorphosen verknüpften Erscheinungen den Beweis von einer fortdauernden Thätigkeit im unorganischen Reiche, von Umbildungen und Zerstörungen vorhanden gewesener Körper durch Kräfte, die zum Theil noch unbekannt zu sein scheinen. Unwillkührlich wird man bei Betrachtung gewisser Pseudomorphosen zu der Idee geführt, dafs

manche der Substanzen, welche bis jetzt noch nicht verflüchtigt oder leicht aufgelöst werden konnten, unter gewissen Umständen doch solchen Vorgängen unterliegen möchten. Für gewisse Fälle dürfte besonders die Länge der Zeit, welche zur Bildung einer Pseudomorphose erforderlich war, in Anschlag zu bringen sein. Die Betrachtung der Pseudomorphosen selbst deutet im Allgemeinen auf einen sehr langsamen Procefs bei ihrer Bildung. Die Krystallgestalt konnte bei den Fossilien, welche einer Umwandlung unterlagen, nicht zerstört werden, weil der Procefs nur ganz langsam vor sich ging, und die neue Substanz ihre Krystallisationskraft nicht frei, wenigstens nicht in gröfserem Maafsstabe zu entwickeln vermochte; daher spricht sie sich auch nur in der Bildung von Aggregaten aus. Aber ebenso allmälig mufs auch die Entstehung der Verdrängungs-Pseudomorphosen stattgefunden haben; denn auch hier hat die neue Substanz die Form der älteren in einem gewöhnlich sehr feinen Aggregat-Zustande bewahrt. Uebrigens darf man auch nicht unberücksichtigt lassen, dafs manche Fossilien, welche in Pseudomorphosen vorkommen, zu den sogenannten amorphen gehören."

„Die Kenntnifs der geognostischen Verhältnisse des Vorkommens der Pseudomorphosen ist besonders wichtig, ja nothwendig, weil wir dadurch nicht nur die Ursache ihrer Entstehung auffinden können, sondern auch vor Erklärungen bewahrt werden, welche dem Vorkommen geradezu widersprechen."

Für die Lösung des Problems hat Blum sehr viel vorbereitet. Die aus der Betrachtung der Pseudomorphosen geschöpfte Ueberzeugung, dafs die Processe, wodurch sie von Statten gegangen sind, von einer langen, sehr langen Dauer waren, weiset uns von selbst auf Vorgänge im Mineralreiche, welche sich zwar unsern Augen entziehen, deren Realität wir aber nicht bezweifeln können. Es ist die Schuld der Chemiker, dafs die Mineralogen nicht schon längst den richtigen Weg zur Erklärung gefunden haben. Wie konnten diese die Ursache der Umwandlungen und Verdrängungen im Mineralreiche in Gewässern suchen, welche die Gebirgsgesteine durchdringen, wenn sie von jenen hörten, dafs gerade diejenigen Substanzen, welche eine wichtige Rolle spielen, wie

schwefelsaurer Baryt, Kieselsäure, Silicate u. s. w., zu den unauflöslichen gehören? — Indefs zwei Quellen der Erkenntnifs waren den Mineralogen zugänglich. Dafs sie daraus nicht geschöpft haben, ist nicht die Schuld der Chemiker.

Die zahllosen Analysen von Gewässern, nicht blofs eigentlicher Mineralwasser, sondern auch süfser Quellen, welche überall mehr oder weniger erdige Bestandtheile nachgewiesen haben, zeigen ebenso die Löslichkeit derselben im Wasser, als die Möglichkeit, wie auf deren Kosten Umwandlungen und neue Bildungen im Mineralreiche von Statten gehen können. Was aus diesen Bestandtheilen, selbst wenn nur Spuren davon im Wasser enthalten sind, geschaffen werden kann, zeigt jede Ernte von Getraide, Heu u. s. w., zeigt die Asche, welche beim Verbrennen des Holzes zurückbleibt. Die grofsen Quantitäten Pottasche, welche zu verschiedenen Zwecken verbraucht werden, was sind sie anders, als das Werk des Vegetationsprocesses? — Nehmen die Pflanzen Alkalien, Erden, Eisenoxyd, Kieselsäure u. s. w. aus dem Boden auf, so mufs irgend ein Vehikel dieselben ihnen zuführen, und dieses Vehikel kann kein anderes, als Wasser sein. Bringen nun diese im Wasser aufgelösten Stoffe jedes Jahr eine neue mineralische Schöpfung im Pflanzenreiche hervor; warum sollten sie nicht auch Neues im Mineralreiche schaffen können? —

Doch Blum hat selbst auf den nassen Weg angespielt, und wo er in seinen Beschreibungen auf das Genetische kömmt, blickt dieser Weg häufig durch. Wenn er neben dem nassen Wege auch auf Sublimationen deutet: so können wir zwar eine solche Alternative nicht zugeben, aber defshalb mit ihm nicht rechten; denn wie so manche Erscheinung hat man nicht Sublimationen zugeschrieben? — Da Blum mit Recht einen grofsen Werth auf die Kenntnifs der geognostischen Verhältnisse, unter welchen die Pseudomorphosen sich finden, legt: so hat er es durch die Angabe der Fundorte und der Art des Vorkommens der einzelnen Pseudomorphosen, so weit, als es ihm möglich war, dem Chemiker sehr erleichtert, klare Vorstellungen von pseudomorphischen Processen zu gewinnen.

Haidinger, der so ausgezeichnete Verdienste um die

Kenntnifs der Pseudomorphosen hat, sprach in einer früheren Abhandlung *) die Ansicht aus, das die Processe, wodurch sie entstehen, durch die bekannten Gesetze der chemischen Affinität unerklärlich erscheinen. Später **) versuchte er eine, auf elektrochemischen Gegensätzen beruhende Eintheilung der Pseudomorphosen in zwei Hauptclassen aufzustellen. Wir sind es einem so verdienstvollen Naturforscher schuldig, in seine theoretischen Ansichten näher einzugehen.

„Wenn," sagt er, „ein Körper in einen andern verwandelt wird, oder seine Theilchen denen des andern weichen: so müsse man billig einen dritten voraussetzen, der unter mancherlei begleitenden Umständen im Stande ist, diese Veränderung hervorzurufen. Man dürfe wohl einen Strom von gewisser Beschaffenheit annehmen, in dem sich dieser Körper bewegt, der eine auflösende Kraft auf die Materie des gegebenen Krystalls besitzt. Entweder löste der Strom einen Bestandtheil dieser Materie auf und führte ihn mit sich fort, so dafs der Rest in der Form, gleichsam auf einem Filtro unaufgelöst zurückblieb, oder die Materie fällte aus der Auflösung, die in dem Strome vorüber ging, einen Körper, der mit ihr oder anstatt ihr unauflöslich zurückblieb. Die Wirkung sei stets chemisch, aber nicht ohne eine mechanische Annährung der Theilchen, bis zu der Entfernung, wo sie erst chemisch auf einander wirken können. Schlüsse auf diese Körper und die Verhältnisse, welche wirksam gewesen sein können, würden am sichersten begründet, wenn man die Mischungsverhältnisse der zwei gegebenen, des verschwundenen und des pseudomorphen oder neu gebildeten, aus allgemeineren Gesichtspuncten mit einander vergleicht, und dazu sei wohl der elektrochemische Gegensatz derselben der natürlichste, der denn auch diejenigen Fälle, in welchen der Inhalt gänzlich verändert worden sei, auf gleiche Stufe mit dem bringe, bei welchem nur weniges verändert worden wäre."

„Gewisse Veränderungen der Materie, wobei die Form der Körper bleibt, seien wir im Stande, nach Willkühr her-

*) Poggend. Annal. Bd. XI. S. 392.

**) Ueber die Pseudomorphosen und ihre anogene und katogene Bildung. Ebend. Bd. LXII. S. 161 fg. und 306 fg.

vorzurufen. Die wichtigsten allgemeinen Bedingnisse seien Temperatur und Pressung der Atmosphäre bei allen Processen, die wir vornehmen. Diese Bedingnisse wirkten aber in der Erdrinde viel ungehinderter, als in unsern Laboratorien, wo wir nur bei der einseitigen Pressung der Atmosphäre arbeiten. Manches gelinge daher in jenen Räumen, was uns zu erzeugen unmöglich bleibe. Unterstützt von Temperatur, Differenz und Pressung, sind die allgemeinsten Stoffe, deren Wirkung sich bemerklich mache, die sogenannten atmosphärischen Agentien, Luft und Wasser. In diesen besonders seien die wichtigsten, kraftvollsten Stoffe, Sauerstoff und Wasserstoff, mit einander gesättigt, und erwarteten, um kräftigst auf andere wirken zu können, nur die Zerlegung, welche durch die so allgemein verbreitete Elektricität, in ihrer galvanischen Wirksamkeit nicht aufser dem Kreise unserer Betrachtung liege. Uebereinstimmend werde die Vergleichung der Mischung in den Pseudomorphosen mit der elektrochemischen Reihung der einfachen Stoffe, und ihr relativer Gegensatz für ihre leichtere Uebersicht im Zusammenhange mit einander grofse Vortheile gewähren. Eine jede Pseudomorphose drücke zwei feste Puncte in der Reihung chemischer Verbindungen aus. Die ursprüngliche Species sei der Anfangspunct, die neue in der Pseudomorphose auftretende die Richtung der Veränderung. Setzten wir Sauerstoff als Anfang, Kalium als Ende, so erschiene uns Reduction als progressiv, Oxydation als retrograd. So werde die Bildung von Bleiglanz nach Pyromorphit als progressiv, die von Pyromorphit nach Bleiglanz als der Oxydation analog betrachtet werden können."

Zur Bezeichnung dieser „zwei grofsen und wichtigen Abtheilungen der Vorgänge in den Pseudomorphosen" wählte Haidinger die auf die veränderte geognostische Höhenstellung bezüglichen Ausdrücke *anogen* und *katogen*, von ἄνω hinauf und κάτω hinab. Sie sollen alle wünschenswerthen Beziehungen ausdrücken, indem sie nebst diesem Verhältnisse auch auf den verschiedenen Grad der Pressung, endlich auf den galvanischen Gegensatz der Pole einer Säule hindeuten. So weit Haidinger.

Wir werden in dieser Auseinandersetzung erinnert

an frühere Vorstellungen von der Entstehung der Mineralwasser. Man ist von den Riesenelektromotoren, von elektrisch-tellurischen Processen u. s. w., wodurch die Mineralquellen gebildet werden sollen, abgekommen und bei einfachen Auslaugungs- und Zersetzungs-Processen stehen geblieben, und so wird es ohne Zweifel auch mit den pseudomorphischen Processen gehen. Um so mehr ist diefs zu erwarten, da diese Processe und diejenigen, welche den Quellen ihre Bestandtheile zuführen, sich gar nicht von einander trennen lassen. Sehen wir destillirte Wasser, Regenwasser, in das Gebirgsgestein eindringen und am Fufse desselben mit mancherlei mineralischen Stoffen beladen als Quellen zu Tage kommen: so beweiset diefs offenbar, dafs diese Gewässer Stoffe aus dem Gesteine aufgenommen haben. So wie aber Wasser Stoffe, wenn auch in noch so geringen Quantitäten, aufgelöst hat: so ist es eine Flüssigkeit geworden, welche fähig ist, Reactionen nach den Gesetzen der einfachen und doppelten Wahlverwandtschaft hervorzurufen.

Wir haben gesehen (Bd. I. S. 627), wie einer der schwerlöslichsten und schwerzersetzbarsten Körper des Mineralreichs, der schwefelsaure Baryt, durch eine verdünnte Lösung eines kohlensauren Alkali noch bei einer Temperatur von 20°—22° so merklich zersetzt wird, dafs sich die Zersetzung durch Reagentien nachweisen läfst. Nehmen wir an, ein durch ein Gebirgsgestein filtrirendes Wasser habe kohlensaures Natron aufgenommen und komme hierauf mit Barytspath bei obiger Temperatur in Berührung: so wird doch Niemand zweifeln, dafs dieselbe Zersetzung von Statten gehen werde, und dafs, wenn der Procefs lange genug anhält, endlich aller Barytspath zersetzt werden kann, sei seine Quantität auch noch so grofs.

Hier haben wir ein Beispiel eines Processes, der hervorgerufen wird durch die Reaction eines Stoffes, womit sich das Wasser vor seinem Zusammentreffen mit Barytspath beladen hat.

Einen ganz ähnlichen Procefs haben wir mit vieler Wahrscheinlichkeit als denjenigen bezeichnet, wodurch die Umwandlungs-Pseudomorphose des Witherits in Barytspath entstanden sein mag (Bd. I. S. 618 ff.) Wäre uns das Spiel der

Verwandtschaften zwischen den Silicaten bekannt, so würden wir im Stande sein, die Processe, wodurch die verwickeltsten Umwandlungs-Pseudomorphosen entstehen, zu erklären. Damit vertraut zu werden, dahin mufs aber das Ziel unseres Strebens gerichtet sein.

Was sich Haidinger unter seinen Strömen denkt, darüber hat er sich nicht ausgesprochen. Sollen es elektrische Ströme, oder Ströme wässriger Flüssigkeiten sein? — Da er in einem solchen Strome den Körper sich bewegen läfst, der eine auflösende Kraft auf den gegebenen Krystall äufsert: so scheint es, dafs er einen wässrigen Strom im Sinne hatte. Vielleicht dachte er auch an die bekannten Zersetzungen und Fortführungen durch die Kraft der elektrischen Säule; aber auch dazu sind wässrige Flüssigkeiten erforderlich. So lange sich Haidinger nicht bestimmt hierüber ausspricht, kann seine Strom-Theorie einer strengeren Kritik nicht unterworfen werden.

Der Einflufs der Temperatur bei den chemischen Processen im Mineralreiche kann nicht bezweifelt werden. Von geringerer Bedeutung erscheint er aber, wenn die pseudomorphischen Processe an den Stellen von Statten gegangen sein sollten, und noch von Statten gehen, wo wir die Pseudomorphosen finden. So weit wir in die Erdkruste zu dringen vermögen, in den Tiefen, aus welchen wir die Pseudomorphosen hervorholen, sind die Temperatur-Verhältnisse so wenig von denen auf der Oberfläche verschieden, dafs ihr Einflufs bei weitem in den meisten Fällen als eine verschwindende Gröfse zu betrachten sein dürfte. Kann es aber bezweifelt werden, dafs in den Fällen, wo wir die Pseudomorphosen in allen Graden der Umwandlung finden, wo neben völlig umgewandelten Fossilien völlig unveränderte und dazwischen halb umgewandelte liegen, der Umwandlungs-Procefs noch im Gange ist? —

Noch viel weniger, als die Temperatur, scheint der Druck bei den pseudomorphischen Processen zu concurriren. In Beziehung auf den Druck bemerkt Haidinger „dafs Bodensätze von Schlamm, von Thon, von Sand, so wie das Wasser selbst einen, der Tiefe entsprechenden Druck ausüben, dafs aber nicht Alles Druck von oben sei. Der Bergmann wisse

sehr gut, dafs der Firstendruck verhältnifsmäfsig stärker ist, wenn er wenig Erdreich, besonders rolliges, über sich hat. In tieferen Strecken, ganz im festen Gesteine, bemerke man keinen Druck: die Festigkeit desselben ist selbst das Resultat der Ausgleichung des früher vorhandenen Druckes bei einer Temperatur, welche neuen Affinitäten Bahn machte u. s. w."

Was wir bis jetzt auf experimentalem Wege über die Wirkungen des Druckes erforscht haben, beschränkt sich darauf, dafs unter demselben flüchtige Substanzen, Kohlensäure und Wasser, in höheren Temperaturen zurückgehalten werden können, die in Ermanglung des Drucks entweichen. Ob der Druck auf das Spiel der Verwandtschaften solcher Körper Einflufs habe, die in einer gegebenen Temperatur feuerbeständig sind, wissen wir nicht. Daher gehört alles, was über jene Grenzen hinaus, von Wirkungen des Druckes vermuthet wird, zu den unbegründeten Speculationen. Ueberdiefs bleibt in den Fällen, wo jetzt noch in zugänglichen Tiefen pseudomorphische Processe von Statten gehen, die Wirkung eines höheren Druckes eben so ausgeschlossen, wie die einer höheren Temperatur.

Wie aber überhaupt die Verwandtschaften bei pseudomorphischen Processen durch verschiedene Umstände modificirt werden, diese Frage ist erst dann aufzuwerfen, wenn man über den Weg, auf welchem dieselben vor sich gegangen sind und noch vor sich gehen, im Reinen ist.

Wir können nur zwei mögliche Wege uns denken: den nassen oder den plutonischen. Alles was darüber hinaus gesagt wird, kann nur in eine Sprache gehüllt werden, die vieldeutig, aber defshalb nicht klar ist.

Wollen wir sehen, ob wir uns pseudomorphische Processe aus plutonischen Wirkungen erklären können.

Die Bildung eines Fossils, welches pseudomorphosirt werden soll, müssen wir uns vor der Pseudomorphose als eine vollendete denken; gleichviel ob es auf plutonischem oder auf neptunischem Wege entstanden war. Stellen wir uns auf den Standpunct der Plutonisten, und suchen wir die pseudomorphischen Processe durch die Wirkung des Feuers zu erklären.

Während der Erstarrung feuerflüssiger Massen bildeten

sich bestimmte krystallinische Verbindungen. Die völlige Erkaltung solcher Massen von grofsem Umfange forderte sehr lange Zeiträume. Lange blieben daher die gebildeten Krystalle im glühenden Zustande. Die Erhitzung des Glases bis zum Weichwerden, und die nachherige allmälige Erkaltung zeigt, wie sich die im ursprünglich gleichförmigen Gemische befindlichen Bestandtheile anders ordnen und gruppiren. Zeigt sich also unter diesen Umständen eine gewisse Beweglichkeit in stark erhitzten starren Massen; warum sollte sie nicht auch in Krystallen, die sich in hoher Temperatur gebildet haben, und viele Jahrtausende im Glühen geblieben sind, stattgefunden haben?

Wären die Pseudomorphosen blofs Formveränderungen, so könnte man sich denken, dafs sie auf diesem Wege von Statten gegangen wären. Formveränderungen sind sie aber gerade nicht; sondern mit Beibehaltung der Form änderte sich die Materie in ihnen. Veränderungen der Materie können jedoch nur stattfinden, wenn aus einem zusammengesetzten Körper entweder Bestandtheile ausgeschieden, oder neue Stoffe aufgenommen werden, oder wenn beides zugleich geschieht.

Solche Ausscheidungen müfsten also stattfinden, wenn *ein* in hoher Temperatur gebildeter Krystall einer Wieder*erhit*zung ausgesetzt würde. Allerdings weiset die Chemie Beispiele nach, wie in einer gewissen Temperatur gebildete Verbindungen in höherer wieder zersetzt werden. Das in der Siedhitze des Quecksilbers gebildete Quecksilberoxyd wird z. B. in stärkerer Hitze wieder zersetzt u. s. w. Von solcher Art sind aber nicht die pseudomorphischen Processe.

Die Erhaltung der Krystallform setzt voraus, dafs die Wiedererhitzung eines auf plutonischem Wege entstandenen Fossils nicht bis zum Schmelzen steigen durfte. Wie soll man sich aber denken, dafs ein Fossil in solchem glühenden Zustande Bestandtheile verlöre und andere aufnähme, wenn die Vergleichung der Zusammensetzung des ursprünglichen und des umgewandelten Fossils zeigt, dafs die Umwandlung nur auf diese Weise möglich ist? — Wie konnten freistehende Krystalle in Drusenräumen durch Hitze Veränderungen erleiden?

Eben so wenig ist anzunehmen, dafs durch Sublimation

Stoffe entfernt und zugeführt werden könnten; denn wohin sollten sie kommen? — Weit weg könnten sie durch die Sublimation nicht geführt werden. Solche Annahmen bei Fossilien, wie bei den meisten Silicaten, deren Bestandtheile sich nicht einmal in der Schmelzhitze verflüchtigen, schliefst eine Unmöglichkeit in sich, wenn wir auch von der Schwierigkeit absehen, sich eine Ursache zu denken, wodurch die Wiedererhitzung des Fossils erfolgen könnte. Wir mögen die Sache drehen und wenden, wie wir wollen, wir können mit einer auf plutonischem Wege von Statten gegangenen Pseudomorphose keine klaren Begriffe verknüpfen *).

*) Haidinger sagt (a. a. O. S. 181) „Bei der Bildung von Rotheisenstein nehmen wir billig ohne Fehler eine höhere Temperatur, als jene an, bei welcher sich durch Hydro-Oxydatation ebenfalls elektro-negativ Brauneisenstein gebildet hätte.“ Sogar die rothe Färbung der Mergel, der Hornsteine und einiger damit zusammen vorkommender Kalksteine soll durch Erhitzung erfolgt sein (S. 315). Er nimmt an „dafs zur Färbung durch Oxyd eine der tiefern Senkung entsprechende höhere Temperatur erforderlich war, als zur Färbung durch Oxydhydrat. Das Vorkommen gewisser Hornsteinmassen mit einem von braunem Oxydhydrat gefärbten Kern, umschlossen von einer rothen Rinde, soll dafür sprechen, dafs das Eisen in der Hornsteinmasse bereits durch Anogenie hydro-oxydirt war, und späterhin erst in gröfserer Tiefe durch die zunehmende Temperatur von aufsen hinein in Oxyd verwandelt wurde.“

Niemand wird läugnen, dafs durch Hitze das Hydratwasser des Eisenoxydhydrats fortgetrieben werde. Wenn daher dieses Hydrat oder ein damit braun gefärbtes Gestein in höhere Temperatur kommt: so wird die braune Farbe in roth übergehen. Annehmen zu wollen, dafs jedes sedimentäre Gestein von rother Farbe in das heifse Erdinnere getaucht worden und nach erfolgter Färbung wieder auf die Erdoberfläche gekommen sei, diefs geht, wir gestehen es aufrichtig, über unsern Horizont hinaus. Um das Wasser aus dem Eisenoxydhydrat zu treiben, ist schwache Glühehitze erforderlich. Nehmen wir dazu nur eine Temperatur von 400° R. an, so müfste ein braun gefärbtes Gestein ungefähr zwei Meilen tief in das Innere unserer Erdkruste gesenkt werden, um diese Temperatur zu erreichen. Wenn gewifs manche sedimentäre Gebilde aus bedeutenden Tiefen emporgehoben worden sind: so müssen wir doch grofsen Anstand nehmen, von jedem durch

Blum wirft die Frage auf, ob nicht bei manchen unter den phosphor-, molybdän-, scheel-, chrom- und vanadin-

Eisenoxyd roth gefärbten Steine, den wir auf der Erdoberfläche finden, eine solche Wanderung aus so grofsen Tiefen vorauszusetzen. Ehe man zu solchen unwahrscheinlichen Wanderungen Zuflucht nimmt, um eine durch Wasserverlust bewirkte Farbenveränderung zu erklären, sollte man doch erst fragen, ob nicht auf einem andern Wege das Wasser aus der Mischung getreten sein könne, und fände man keinen: so würde es einer nüchternen Naturforschung wohl mehr entsprechen, eine solche Erscheinung einstweilen zu den unerklärbaren zu zählen, als eine so unwahrscheinliche Erklärung davon zu geben.

Haidinger scheint übrigens selbst davon zurückgekommen zu sein; denn bei der Beschreibung des Vorkommens von Eisenoxyd nach Formen von Göthit bemerkt er: „Die Idee, dafs etwa das Ganze durch Glühen sein gegenwärtiges Ansehen hätte erhalten können, wird durch den Umstand widerlegt, dafs sich an einem Stücke noch kleine nierenförmige Parthieen von Brauneisenstein fanden." Abbandlungen der köngl. böhm. Gesellsch. d. Wiss. V. Folge. Bd. 4.

Ob er aber bei folgenden Ansichten noch beharrt, wissen wir nicht. Um nämlich die Bildung von Braunspath oder Dolomit nach Kalkspath zu erklären, sagt er: „Auf so manchen Erzgängen ist der Kalkspath in beiden Richtungen der Zerstörung ausgesetzt, und weicht in elektro-negativer Richtung dem Quarze, in elektro-positiver dem Braunspathe. Die krummen Flächen des letztern in den Pseudomorphosen lassen wohl auf eine fortgesetzte allmälige Temperatur-Veränderung während der Bildung schliefsen. Wurde Kalkspath in einem Gange sammt dem umgebenden Gesteine tiefer hinabgedrückt, und während der allmäligen Erwärmung durch Braunspath ersetzt: so konnte dieser bei einer neuen später erfolgten Erhebung des Ganzen wieder vom Quarze verdrängt werden."

Wollen wir auch für einen Augenblick das Hinauf- und Hinabwogen der Erzgänge mit dem Nebengesteine zugeben: so müssen wir doch unsere gänzliche Unfähigkeit eingestehen, zu begreifen, woher das Magnesiacarbonat und der Quarz und wohin der Braunspath gekommen seien, und auf welche Weise das Zu- und Abführen dieser Stoffe stattgefunden habe. Haidinger fühlte übrigens diese Lücke selbst: er überläfst es künftigen ergänzenden Beobachtungen, woher die neu hinzugetretenen Stoffe

sauren Metalloxyden angenommen werden könnte, dafs die Säuren aus dem Innern vielleicht in Dampfform emporgestiegen seien, und an den Veränderungen der primitiven Metalle Theil genommen hätten? Wo ist, fragt er, die Phosphorsäure hergekommen, welche auf dem *Virneberg* bei *Rheinbreitbach* die phosphorsauren Kupfer- und Bleioxyde bildete, wo die Molybdänsäure, die im *Bleiberge* in *Kärnthen* das molybdänsaure Bleioxyd hervorrief? —

Jene Frage beantwortet das sehr häufige Vorkommen der Phosphorsäure im Gebirgsgesteine (Bd. I. S. 695 fg.) und ihr gleichfalls nicht seltenes Auftreten in Quellen. Die zweite Frage würde man vielleicht eben so leicht beantworten können, wenn man das Nebengestein im *Bleiberge* auf Molybdänsäure prüfte.

Blum macht übrigens selbst die Einwendung, dafs sich die Umwandlungen auf diesen Lagerstätten meist in den obern Teufen fänden; das Umgekehrte aber wohl eher zu erwarten wäre, wenn von unten aufsteigende Dämpfe die Erze umgewandelt hätten.

Gleichwohl meint er: die Ansicht von dem Emporsteigen gewisser Substanzen aus den Tiefen der Erde stehe nicht ganz als Hypothese da. Er erinnert, dafs manche Substanzen auf Gängen nur auf einer Seite von früher vorhanden gewesenen Fossilien, und zwar auf der nach unten gekehrten vorkommen. So sind auf Gängen des *Harzes* Kalkspathkrystalle nur auf einer Seite von Schwefelarsenik bedeckt; so sind in der *Hachelbach* bei *Dillenburg* die Kalkspathkrystalle nur von einer Richtung her mit Kupferkies überzogen u. s. w.

Sublimationen können auf doppelte Weise gedacht wer-

kamen und wohin die fehlenden ausgeschieden wurden. Wir zweifeln indefs sehr, dafs sich auf dem Wege der Beobachtungen etwas erreichen läfst; denn wenn wir auch den verdrängten Braunspath in der Nachbarschaft wieder finden sollten, und die Quelle, woraus der Quarz gekommen, nachweisen könnten: so bliebe immer noch die Frage übrig, durch welche Mittel sind diese Stoffe zu- und weggeführt worden? Diefs mufs erschlossen werden, und ist es eine Unmöglichkeit, mit Hülfe der Wärme das Zu- und Wegführen zu begreifen: so bleibt nichts anders, als das Wasser übrig.

den: erstens durch ein mechanisches Fortführen fein zertheilter, fester Körper, wie z. B. der Rufs in den Kaminen durch die aufsteigenden Gasarten fortgeführt wird; zweitens durch den Uebergang eines Körpers in den gasförmigen Zustand, auf welche Weise die Sublimationen in unsern Laboratorien bewirkt werden. Auf jenem Wege könnten Sublimationen in wenig erhöhter Temperatur gedacht werden; es wurde aber schon S. 67 bemerkt, dafs ihre Annahme aller Wahrscheinlichkeit entbehre. Schwerlich würden solche mechanisch fortgeführte Stäubchen sich regelmäfsig gruppiren und Krystalle bilden, wie sie sich als Ueberzüge finden. Die Sublimationen auf dem zweiten Wege, die eigentlich chemischen, würden in der Tiefe der Gänge so hohe Temperaturen voraussetzen, dafs die sublimirenden Substanzen in den gasförmigen Zustand übergeführt werden könnten.

Nehmen wir in der Tiefe auch die höchsten Hitzgrade an, um Substanzen, wie Kupferkies, Flufsspath u. s. w., welche als Ueberzüge erscheinen, zu verflüchtigen: so ist doch nicht zu übersehen, dafs nur die flüchtigsten, wie Wasser, weit unter ihrem Verdampfungs-Puncte noch im gasförmigen Zustande bestehen können. Jene feuerbeständigen Stoffe, gasförmig gedacht, würden sich gleich unter ihrer Verdampfungs-Hitze condensiren. Von da an, wo in einem Gange solche Sublimate sich noch vorfänden, bis zum eigentlichen Sublimations-Heerde hinab, hätten daher die Gänge mit allen ihren früher gebildeten Gangmassen bis zu dieser Verdampfungshitze erhitzt werden müssen, wenn die Dämpfe nicht schon in der Tiefe sich hätten condensiren sollen. Durch welche Ursache hätte aber eine solche Erhitzung, namentlich in Gängen im sedimentären Gebirge eintreten können? —

Allerdings sehen wir bei unsern künstlichen Sublimationen, wie sich die Stelle, wo sich der Sublimat ansetzt, in Folge der Condensation der Dämpfe nach und nach erhitzt, und wie diese Erhitzung bis zu den fernsten Puncten, wo noch Anflüge erfolgen, fortschreitet. Geschieht es indefs, dafs der Sublimat an einer Stelle den Canal des Sublimir-Gefässes, in welchem die Dämpfe aufsteigen, verstopft: so hört natürlich die weitere Sublimation bis zu entfernteren Stellen auf. Diefs würde in den Gängen ohne Zweifel noch früher stattgefunden

haben, da die vorhandenen Gangmassen, nur wenig Zwischenräume lassend, sich bald verstopft haben würden. Sublimirte Fossilien könnten sich daher in Gängen nur ganz nahe über dem Sublimations-Heerde ansetzen, sofern nicht durch irgend eine unbekannte Ursache der Gang bis nahe zu seinem Ausgehenden so weit erhitzt worden wäre, dafs die Dämpfe uncondensirt bis zu den höchsten Höhen hätten aufsteigen können. In diesem Falle würden aber die vorhanden gewesenen Fossilien nicht blofs an ihrer untern Seite, sondern ringsumher mit dem Sublimate bekleidet worden sein; denn hängen wir einen fremden Körper in den Hals eines Sublimirgefäfses, so setzt sich der Sublimat rings um ihn herum an.

Man sieht, aus der Sublimations-Theorie lassen sich die Umwandlungen in den Erzgängen und die Bekleidungen mancher Fossilien mit anderen auf einer gewissen Seite nicht erklären. Wären die Gangspalten Krater ehemaliger Vulkane, deren Seitenwände durch das Aufsteigen von Lava erhitzt worden wären: so könnte man manche Fossilien in den Gängen für Sublimate halten, die, nach beendigten vulkanischen Eruptionen, aus der Tiefe im gasförmigen Zustande aufgestiegen wären; denn wir finden in den Kratern unserer Vulkane wirklich solche Sublimate. Allein es zeigen sich, abgesehen von der Unähnlichkeit in der Gestaltung der Erzgänge und der Krater-Canäle, weder an den Spalten-Wänden Spuren ehemaliger plutonischer Wirkungen, noch Lavaströme in ihrer Nähe.

Was die mehr berührte Erscheinung betrifft: so ist leicht einzusehen, dafs Gewässer, je nachdem sie in einem Gange vom Hangenden oder vom Liegenden des Nebengebirges kommen, nur an dieser oder jener Seite der vorhandenen Fossilien hinabsickern, mithin nur nach einer gewissen Richtung hin Absätze bilden werden. Dieses Verhältnifs wird besonders hervortreten, wenn die Spaltenwände gegen die Verticale geneigt sind. Selbst wenn in manchen Gängen die Fossilien auf der nach unten gekehrten Seite mit den Ueberzügen bekleidet sein sollten: so würde dieses Verhältnifs doch darin seine Erklärung finden, dafs die an den Fossilien hinabsickernden Wassertropfen, wie bei den Tropfsteinen, erst an der untern Fläche der Krystalle zur Verdunstung kämen.

Es ist übrigens zu wünschen, dafs in Erzgängen, wo sich diese Erscheinungen zeigen, der Weg, welchen die herabfiltrirenden Gewässer nach den localen Verhältnissen nehmen, verglichen werde mit der Bekleidung der Fossilien nach gewissen Richtungen hin. Vielleicht ergiebt sich dann, ob die bemerkte Ursache die einzige ist, oder ob noch andere unbekannte concurriren.

Folgender Umstand zeigt die Ansicht von pseudomorphischen Processen auf plutonischem Wege in ihrer völligen Blöfse.

Blum macht aufmerksam auf die wichtige Thatsache, dafs bei den Verdrängungs-Pseudomorphosen die neuere Substanz die ältere zuweilen ganz verdrängt hat, so dafs auch keine Spur davon mehr auf dem Gange vorkommt, auf welchem man die verdrängende in den Formen der verdrängten findet, und dafs nur in den Gestalten der Beweis für die frühere Existenz der letzteren liegt. So findet sich z. B. auf den Gängen von *Mies* in *Böhmen* Quarz in den Formen von Kalkspath und Baryto-Calcit, ohne dafs von beiden Fossilien noch eine Spur vorhanden ist. Breithaupt *) führt an, dafs sich Umhüllungs-Pseudomorphosen von Quarz nach Flufsspath und Kalkspath auf den Eisengruben der Reviere *Schwarzenberg, Eibenstock* und *Johann-Georgenstadt*, am ausgezeichnetsten am *Riesenberge*, finden. Auf diesem mächtigen Gangzuge von Rotheisenstein hat man noch nie eine Spur von Kalk- oder Flufsspath gefunden; vielmehr nimmt in den meisten Fällen der Quarz den von diesen Fossilien erfüllt gewesenen Raum ein. Gleichwohl sind im *sächsischen Erzgebirge* Kalk- und Flufsspath die frequentesten Gangarten. Auf den Kobalt- und Silbererz-Gängen der Grube *Fürstenvertrag* bei *Schneeberg* findet sich der Quarz gleichfalls in Octaëdern und Würfeln von Flufsspath und in Rhomboëdern von Kalkspath. Auf diesen Gängen wird aber jetzt keine Spur von Flufsspath angetroffen, und der wenige Kalkspath, welcher vorkommt, ist nie rhomboëdrisch.

Wie und wohin hätte irgend ein plutonischer Procefs solche bedeutende Massen von Flufsspath und Kalkspath fort-

*) Ueber die Aechtheit der Krystalle u. s. w. S. 40 ff.

führen können? — Man wird doch nicht annehmen wollen, sie hätten sich aus den Gängen hinaus in die Atmosphäre sublimirt, oder eine Sublimatio per descensum habe sie in unergründliche Tiefen des Erdinnern geführt? — Welcher andere Weg, als die Fortführung durch Gewässer, kann hier befriedigende Erklärung geben? — Wir brauchen uns dann nicht in den nächsten Umgebungen nach den fortgeführten Substanzen umzusehen; denn was in den, in Gebirgsgesteinen circulirenden Gewässern sich aufgelöst hat, kann seinen Absatz erst im Meere finden.

Hier wie überall bei den pseudomorphischen Processen führt nur der nasse Weg zur einfachen und befriedigenden Erklärung. Die Gewässer mit ihrem beigemischten Kohlensäure- und Sauerstoffgas sind die einzigen Substanzen, welche Ortsveränderungen zeigen; sie sind es, die nach hydrostatischen und capillaren Gesetzen überall hindringen, wo nicht die Materie hermetisch verschlossen ist. Dafs selbst in der Chemie für unlöslich angenommene Erden, Salze u. s. w. nicht absolut unlöslich sind, ist eine Thatsache, welche die Möglichkeit des Fort- und Zuführens selbst solcher Stoffe zeigt. Uebrigens haben wir es schon oben (S. 193) wahrscheinlich zu machen gesucht, dafs sehr schwerlösliche Stoffe auch in Suspension fortgeführt werden können.

Doch wir führen weitere Thatsachen an, welche zu Gunsten der pseudomorphischen Processe auf nassem Wege sprechen. W. Philipps *) erwähnt einer Stufe aus hohlen cubischen Krystallen (wahrscheinlich Pseudomorphosen nach Formen von Flufsspath) die aus kleinen Krystallen von Quarz zusammengesetzt und beinahe mit Wasser angefüllt sind. Freiesleben **) führt Quarzkrystalle nach Kalkspath-Rhomboëdern an, welche zuweilen aus einer dünnen drusigen Schale bestehen, in der deutliche Wasser- und Luftblasen eingeschlossen sind. Solche Pseudomorphosen weisen deutlich ihren Ursprung nach.

Unter den 90 Umwandlungs-Pseudomorphosen, welche Blum beschreibt, finden sich nicht weniger als 59, die wasser-

*) Mineralogy 1823. p. 7.

**) Magazin für die Oryktognosie von Sachsen. Heft II. S. 107.

haltig sind, während die ursprünglichen Fossilien, aus denen letztere entstanden, wasserfrei waren *). Dafs bei diesen pseudomorphischen Processen Wasser gegenwärtig sein mufste, wird wohl Niemand bezweifeln. Vielleicht dafs man aber, um die plutonische Ansicht zu retten, Zuflucht zu glühend heifsen Wasserdämpfen nimmt, welche die Umwandlung bewirkt haben! —

Es wurde schon bemerkt (Bd. I. S. 848), dafs die von aufsen nach innen fortschreitende Zersetzung des Feldspaths in Kaolin durch eindringende Tagewasser erfolgt, dafs Cordierit, Andalusit, Wernerit und Turmalin zu den wasserfreien Fossilien gehören, in mehreren Varietäten derselben aber ein gröfserer oder geringerer Wassergehalt sich einstellt, welcher die beginnende Umwandlung andeutet. Haidinger **) bemerkt selbst, wie die Umwandlung des Cordierits mit der Aufnahme von Wasser beginne, wodurch an und für sich zum Krystallisiren unfähige Hydrate entstehen, was deutlich aus dem dichten, amorphen Zustande der Masse derselben und aus dem gänzlichen Mangel an regelmäfsiger Spaltung hervorgehe; er bemerkt ferner, wie bei fortschreitender Zersetzung das Wasser wieder abnehme, und damit die Krystallisationskraft wieder hervortrete u. s. w.

Unter den oben genannten 90 Umwandlungs-Pseudomorphosen in Blum's Werken finden wir ferner 9, in denen die ursprünglichen Fossilien schon wasserhaltig waren. Bei diesen erscheint es zwar nicht als nothwendig, dafs während der Umwandlung Wasser hinzutrat, sofern sich nicht der Wasser-

*) Bei dieser Zusammenstellung wurde der Glimmer zu den wasserhaltigen Fossilien gezählt, und wir glauben mit Recht; denn unter den 41 Analysen, welche wir von den verschiedenen Glimmerarten besitzen, sind es 25, in denen Wassergehalt oder Glühverlust angegeben ist. Bei den übrigen, namentlich denen des Lithionglimmers, der am reichsten an Flufssäure ist, mag darin das Wasser versteckt gewesen sein. Bei manchen Analysen mag auch der Wassergehalt vernachläfsigt worden sein. Derselbe ist in den chemischen Formeln freilich nicht aufgenommen. Diefs kann aber nicht maafsgebend sein, da nicht die Formel, sondern die Analyse über den Wassergehalt entscheidet.

**) Ueber den Cordierit. Abhandlungen der k. böhm. Gesellschaft der Wiss. V. Folge. Bd. IV. Prag 1845 S. 8 ff.

gehalt vermehrte; allein wie könnte man sich denken, dafs sich ein wasserhaltiges Fossil in ein anderes wasserhaltiges auf plutonischem Wege umwandelte? — Eine Umwandlung etwa des Skorodits in Brauneisenstein oder der Kupferlasur in Malachit auf plutonischem Wege, halten wir für eine Unmöglichkeit; denn der leidige Druck kann hierbei nicht aushelfen, da solche Umwandlungen noch in der Gegenwart in gewöhnlicher Temperatur von statten gehen.

Die vorwaltende Zahl von wasserhaltigen Umwandlungs-Pseudomorphosen zeigt deutlich, dafs das Wasser hierbei eine wesentliche Rolle spielt. Unter den noch übrigen 22 Umwandlungs-Pseudomorphosen finden wir 7, wo das ursprüngliche Fossil wasserhaltig, das umgewandelte wasserfrei ist, und 15, wo beide wasserfrei sind. Schwerlich wird man aber diefs für einen Grund halten, dafs diese Umwandlungen auf plutonischem Wege erfolgt seien; denn wenn ein Fossil nur im wasserfreien Zustande existiren kann, so kann es, auch aus dem Wasser krystallisirend, nichts davon aufnehmen, wie die grofse Zahl von wasserfreien Salzen zeigt, welche wir in unsern Laboratorien aus wässrigen Lösungen krystallisiren lassen.

Wir halten es für überflüssig, die von Blum zusammengestellten Verdrängungs - Pseudomorphosen auf gleiche Weise zu classificiren. Bei diesen, wo das ursprüngliche Fossil gänzlich verschwindet und ein neues an die Stelle tritt, kann einer andern Vorstellung, als einer Zu- und Fortführung durch Wasser, nicht im entferntesten Raume gegeben werden. Finden wir Quarz in Formen von Barytspath, oder Brauneisenstein in Formen von Quarz: so kann weder der Barytspath noch der Quarz, da sie zu den strengflüssigsten und feuerbeständigsten Körpern gehören, als geschmolzene Massen oder als Sublimate fortgeführt, noch kann der durch mäfsige Hitze so leicht zersetzbare Brauneisenstein in diesen Zuständen zugeführt worden sein.

Zu den merkwürdigsten Erscheinungen gehören die von innen nach aufsen fortschreitenden Zersetzungen mancher Fossilien: Erscheinungen, welche selbst auf nassem Wege schwierig, auf plutonischem aber gar nicht zu erklären sind.

Im Porphyr vom *Teufelsgrund* im *Münsterthale* des

Schwarzwaldes finden sich z. B. Feldspathkrystalle, welche, oft die Länge eines Zolls erreichend, im Innern zu einer Speckstein-artigen Masse verwittert, an den äufsern Grenzen aber noch völlig unalterirt sind. Sie sitzen so fest im Gesteine, dafs sich keine äufseren Flächen blofs legen lassen. Werden solche Krystalle durchgeschlagen, so erscheint die Speckstein-artige Masse wie von einem etwa ½ Linie breiten glänzenden Rahmen unveränderten Feldspaths umgeben.

Es mufs auffallen, dafs die Gewässer, welche diese Zersetzung bewirkt haben, nicht zwischen die Feldspathkrystalle und die äufsere Masse, in welcher sie sitzen, wo man doch der Natur der Sache nach, vorzugsweise capillare Zwischenräume erwarten könnte, sondern in das Innere der Krystalle getreten sind. Es mufs um so mehr auffallen, da jener ziemlich gleich breite Rahmen andeutet, dafs genau im Mittelpuncte des Krystalls die Zersetzung begonnen hat und von hier gleichmäfsig nach aufsen fortgeschritten ist. Kann zwar gedacht werden, dafs sich capillare Spalten oder Spaltungsflächen in das Innere des Krystalls ziehen: so ist doch nicht wohl die Ursache einzusehen, warum sie gerade im Mittelpuncte auslaufen, oder sich hier vielleicht mehrere derselben kreuzen sollten. Eben so schwierig ist zu begreifen, warum in keinem dieser Krystalle die Zersetzung bis zu den Oberflächen, sondern nur bis zu jenem Rahmen fortgeschritten ist. In der That, je mehr man das Einzelne dieser Erscheinung verfolgt, desto mehr stöfst man auf Schwierigkeiten zu ihrer richtigen Erklärung.

Die mikroskopisch kleinen Perlenschnüre, in welchen die Kohlensäurebläschen erscheinen, wenn Säuren auf Gesteine gegossen werden, in denen sich durch Verwitterung kohlensaurer Kalk im Innern gebildet hat, zeigen, wie eng die capillaren Zwischenräume in denselben sind. So wie die Säure in solche Zwischenräume eindringt und das Gas daraus entweicht: so können auch die Gewässer durch sie in das Innere gelangen. Es ist daher wohl zu begreifen, wie vermittelst solcher in das Innere eines Krystalls dringender Gewässer, hier die Zersetzung beginnen und sich nach aufsen fortsetzen kann. Damit ist aber noch immer nicht das Regelmäfsige jener Erscheinung erklärt, welche Blum, wie er mir

versicherte, wenigstens an sechzig Handstücken wahrgenommen hat.

Dafs diese Feldspathkrystalle nicht etwa so, wie wir sie finden, ursprüngliche Bildungen sind, wird wohl Niemand behaupten wollen. Dafs jener Porphyr in seiner ganzen Masse in beginnender Zersetzung begriffen ist, zeigt das Brausen mit Säure. Sowohl der im Innern verwitterte Feldspath, als die nicht verwitterten äufseren Flächen und die Grundmasse, brausen mehr oder weniger.

Blum's Beschreibungen der einzelnen Pseudomorphosen bieten nicht selten ähnliche Erscheinungen dar, welche, wie die eben angeführte, auf nassem Wege schwierig, aber durch plutonische Wirkungen gar nicht zu erklären sind. Von solcher Art ist unter andern die Verdrängungs-Pseudomorphose des Quarzes in Formen von Barytspath *), wo durch dünne Lagen von Eisenglanz der Barytspath sich entfernen und durch dieselben der Quarz eindringen mufste, um die Stelle des letzteren einzunehmen.

Wenn es immer schwierig zu begreifen ist, wie aus einem völlig dichten Fossil aus dem Innern heraus Bestandtheile oder seine ganze Masse, bei Verdrängungs-Pseudomorphosen, entweichen können: so kann diefs in Fällen, wo die Pseudomorphosen in einem porösen Zustande erscheinen, weniger befremden. So wie nur der Procefs an den äufsern Theilen des Fossils beginnt, so müssen schon Poren entstehen, und gerade diese Poren begünstigen das Eindringen des Wassers und das weitere Ausfressen bis in die innersten Theile. Nimmt das specif. Gewicht des Fossils bei seiner Umwandlung zu, wie z. B. bei der Umwandlung des Eisenoxydhydrates in Eisenoxyd: so führt auch diefs eine poröse Beschaffenheit herbei. Erwägt man, dafs bei weitem in den meisten Fällen die Pseudomorphosen porös werden: so ist das allmälige Eindringen der Gewässer bis ins Innere wohl zu begreifen. Die Verminderung der Masse oder des Volumens eines Fossils, oder die Zunahme seines specifischen Gewichts veranlassen also das Eindringen des Wassers ins Innere, und

*) A. a. O. S. 224.

dieses Eindringen wiederum begünstigt das Fortschreiten jener Veränderung bis ins Innere.

Wenn nach unserer Ansicht, in sehr vielen, vielleicht in den meisten Fällen, die Verdrängungs-Pseudomorphosen dadurch erfolgen, dafs das mit einem schwerlöslicheren Stoffe beladene Wasser diesen absetzt und dagegen einen leichtlöslicheren auflöst, wobei jener die Form von diesem annimmt: so dürfte darin auch die Ursache einer eintretenden porösen Beschaffenheit zu suchen sein. Der Eisenspath z. B. ist schwerlöslicher im Wasser, als der Kalkspath. Kommt daher Wasser, welches jenen aufgelöst enthält, mit diesem in Berührung: so wird, unter der Voraussetzung, dafs sowohl die zugeführte Auflösung des kohlensauren Eisenoxyduls, als die abgeführte des kohlensauren Kalks eine gesättigte sei, mehr Kalkspath fortgeführt, als Eisenspath an die Stelle tritt, und es müssen sich daher hohle oder poröse Krystalle bilden; abgesehen davon, dafs sich diese schon defshalb bilden müssen, weil der Eisenspath ein gröfseres specifisches Gewicht, als der Kalkspath hat. Ist jedoch entweder die zugeführte, oder die fortgeführte Auflösung nicht gesättigt, oder stehen beide nach verschiedenen Verhältnissen von den Sättigungspuncten ab: so können die mannichfaltigsten Modificationen eintreten, welche man natürlich nur im Allgemeinen bezeichnen, aber nicht im Besonderen nachweisen kann.

Nach Blum *) werden folgende Stoffe: kohlensaurer Kalk, schwefelsaurer Baryt, schwefelsaurer Strontian, Flufsspath, Gyps, Quarz, Opal, Talk, Eisenoxyd, dichter Brauneisenstein, Brauneisenocher, Eisenspath, kohlensaures Bleioxyd, Eisenkies, Blende, Bleiglanz, Kupferkies, Buntkupfererz, Kupferglanz, Zinnober, als Versteinerungs- und Vererzungsmittel organischer Ueberreste im Mineralreiche gefunden.

Fast alle diese Stoffe treffen wir unter den Pseudomorphosen und zwar gröfstentheils unter denen an, welche andere Stoffe verdrängt haben; zum Theil auch unter denen, welche verdrängt worden sind. Das Vorkommen der Versteinerungen in sedimentären Formationen schliefst jede Mit-

*) Nachtrag zu den Pseudomorphosen. S. 152 ff.

wirkung plutonischer Kräfte bei den Versteinerungs-Processen aus. Es ist kein anderer, als der nasse Weg denkbar.

So werden wir denn auch von dieser Seite dahin geführt, dafs eben so gut, wie die Versteinerungs-Processe auf nassem Wege von Statten gegangen sind, auch die pseudomorphischen Processe, bei welchen jene Stoffe eine Rolle spielen, auf nassem Wege vor sich gegangen sein können. Konnten jene Stoffe auf diesem Wege die Bestandtheile der Thiere, welche versteinert wurden, verdrängen oder umwandeln: so konnten sie auf demselben Wege auch die Bestandtheile der Fossilien, in deren Formen sie gefunden werden, verdrängen oder umwandeln.

Ist es denjenigen, welche bei pseudomorphischen Processen an plutonische Kräfte denken, wohl möglich, eine Analogie anzuführen, welche so schlagend für den plutonischen Weg spräche, als der Versteinerungs-Procefs für den nassen spricht? —

Selbst die Unlöslichkeit der meisten unter den Stoffen, welche bei pseudomorphischen Processen eine Rolle spielen, wie z. B. der Barytspath und ganz besonders die Schwefelmetalle, kann nicht mehr als ein Hindernifs gelten, wenn wir sehen, wie jener in manchen Belemniten nicht nur die ganze Scheide, sondern auch die Alveole erfüllt, wie er Holz durch und durch petrificirt, wie der Bleiglanz im Innern von Bivalven vorkommt u. s. w. Bei solchen schlagenden Beweisen von der Auflöslichkeit dieser Stoffe brauchte man nicht mehr den Chemiker hierüber zu befragen; jedoch mufs man dessen Bemerkungen entgegen nehmen, dafs Schwefelmetalle, vielleicht auch schwefelsaurer Baryt, nicht als solche, sondern in anderen Verbindungen in die petrificirten Organismen eingeführt und darin in das Versteinerungsmittel umgewandelt worden sind.

Gehen wir nur etwas ins Einzelne ein, so kommen wir vielfach auf Analogien zwischen den pseudomorphischen und den Versteinerungs-Processen.

Der Quarz tritt in seinen verschiedenen Zuständen, theils als krystallinischer oder gemeiner, theils als Chalcedon, Feuerstein, Hornstein, seltener als Jaspis und Achat, als Versteinerungsmittel auf. Die amorphen Quarze sind indefs häufigere

Versteinerungsmittel, als die krystallinischen. Wir begegnen hier denselben Modificationen der Kieselsäure, wie bei den Pseudomorphosen. Wir finden auch Aehnlichkeiten mit den quarzigen Bildungen in den Blasenräumen der Mandelsteine. In den Versteinerungen, wie in den Amethystdrusen, zeigen sich krystallinischer und amorpher Quarz in Gesellschaft; denn man trifft jenen im Innern, diesen im Aeufsern der Schalen der Mollusken an.

Bei manchen Belemniten finden sich Quarz und Barytspath gemeinschaftlich als Versteinerungsmittel, so dafs der obere Theil der Scheide aus Quarz, der untere aus Barytspath besteht. An manchen Stellen hat es selbst das Ansehen, als wenn dieser von jenem wieder verdrängt worden wäre, wie bei den Verdrängungs-Pseudomorphosen von Quarz in Formen von Barytspath.

Die Verkieselung von Hölzern zeigt recht deutlich, dafs es gewifs keine anderen Flüssigkeiten, als unsere gewöhnlichen Gewässer waren, welche sie veranlafst haben. Wie hätte sich die Structur des Holzes, seine Zusammensetzung aus Jahresringen, Zellen, Gefäfsen erhalten können, wenn die Kieselsäure auf eine gewaltsame Weise eingedrungen wäre? Wie hätte diese Substanz die freien Zwischenräume der Holzfasern erfüllen können, wenn die Auflösung weniger dünnflüssig gewesen wäre, als alle Gewässer, welche mehr oder weniger, aber immer Minima von Kieselsäure enthalten? —

Interessant ist es, den Talk im feinblättrigen, auch schuppigen, weifsen, seidenartig glänzenden Zustande als Versteinerungs-Mittel von Pflanzenresten in den Schiefern von *Petit-coeur* bei *Moutiers* in der *Tarantaise* in *Piemont* zu finden; denn diese Erscheinung zeigt gleichfalls die Gegenwart eines Magnesiasilicats in Gewässern und giebt Winke in Beziehung auf die so häufige Umwandlung so verschiedenartiger Fossilien in Speckstein (Bd. I. S. 791) u. s. w.

Von den Beziehungen des Eisenkieses, der unter allen Vererzungs-Mitteln organischer Ueberreste am häufigsten im Mineralreiche vorkommt, zu organischen Körpern war schon früher (Bd. I. S. 920) die Rede.

Ein sehr merkwürdiges Vererzungs-Mittel, welches bis jetzt auch nur an einem einzigen Orte gefunden wurde, ist

der Eisenglanz. Blum beschreibt eine Bivalve aus einem eisenschüssigen oolithartigen Gesteine, welches dem untern Lias angehört, bei *Thoste* unfern *Semur* im Departement *Côte d'or*, deren Schalen, ihrer ganzen Dicke nach, aus einem Aggregat von krystallinisch-blättrigem Eisenglanz bestehen. Blum ist der Ansicht, dafs in Beziehung auf die Bildung dieser Vererzung von keinem Abgusse die Rede sein könne, indem die etwas poröse Gebirgsart eine solche Entstehung nicht zulasse. Da das Eisenoxyd nicht selten in Formen von Kalkspath vorkommt, so hält er dafür, dafs auch hier der Kalk der Schale durch Eisenoxyd verdrängt worden sei.

Rotheisenstein wurde in der Gegend von *Oberscheld* in *Nassau* als Vererzungsmittel verschiedener organischer Reste, in letzter Zeit auf einer neuen Grube gefunden. G. Sandberger *) bemerkt, dafs diese Versteinerungen nicht im eisenhaltigen Kalke, sondern in einem vorzüglichen bauwürdigen, festen Rotheisenstein liegen, und um die gröfseren derselben hat sich der schönste Eisenrahm mit seinen zarten Schuppen und schön metallischem Tombakglanze angesetzt. Manche der organischen Ueberreste waren im Innern mit Kohlenblende von deutlich blätterigem Gefüge erfüllt, deren Entstehung gewifs durch die thierische kohlenstoffhaltige Substanz bedingt ist.

Diese Versteinerungen sind von nicht geringer geologischer Bedeutung; denn sie liefern einen neuen und ganz entschiedenen Beweis von der Bildung des Eisenglanzes und Rotheisensteins auf nassem Wege; möge das Eisenoxyd als Gangmasse oder als Pseudomorphose auftreten (S. 169).

Vom dichten Brauneisenstein ist zu bemerken, dafs er als ursprüngliches Vererzungsmittel von thierischen Ueberresten nicht vorzukommen scheint, sehr oft aber als Umwandlungs-Product von Eisenkies sich findet. Als ursprüngliches Vererzungs-Mittel von Holz trifft man dagegen den dichten Brauneisenstein häufiger an. Im eisenschüssigen Sande der Kreide-Formation zu *Woodstown* in *New-Jersey* kommt indefs die Gryphaea convexa Say nicht selten durch Brauneisenocher vererzt vor.

*) Jahrb. f. Mineral. 1845. S. 176.

Da der Brauneisenstein so häufig in Verdrängungs-Pseudomorphosen vorkommt, und nur allein das im Wasser lösliche Eisenoxydul-Bicarbonat das Material dazu liefern kann: so ist es auffallend, dafs solche Gewässer, da sie so sehr verbreitet sind, nicht häufiger als Versteinerungsmittel auf thierische Ueberreste gewirkt haben. Der Eisenspath kommt indefs nach Zippe *) am *Postelberge* in *Böhmen* in der Braunkohlen-Formation als Vererzungsmittel von Hölzern vor.

Von der künstlichen Bildung der Blende war schon früher (Bd. I. S. 936) die Rede. Damit stimmen auch die Versteinerungen überein, in denen Blende das Versteinerungsmittel ist. Häufig findet sich braune Zinkblende in den Kammern verschiedener Ammoniten im Liaskalke. In einem mergeligen Schieferthon in der Gegend von *Oberkirchen* finden sich, nach Heuser, hohle Bivalven, in welchen schwarze Blende in unvollkommenen, doch bis zu einem halben Zolle langen Krystallen liegt.

Der Bleiglanz kommt gleichfalls, wiewohl sehr selten, als Vererzungs-Mittel von organischen Ueberresten vor. Zuweilen findet man mitten in ihm Körnchen von Kupferkies. Offenbar fand hier derselbe Procefs, wie in den Erzgängen statt, wo wir gleichfalls den Kupferkies als häufigen Begleiter des Bleiglanzes antreffen.

Der Kupferkies erscheint übrigens sehr häufig als Anflug auf den Fischresten des Kupferschiefers von *Mansfeld* und *Eisleben* und von *Riechelsdorf* in *Hessen*. Er überzieht die Abdrücke der Knochen, Flossen und Schuppen, ohne sie jedoch ganz zu ersetzen, oder doch nur selten, in welchem Falle er dann die ganze Dicke von jenen zeigt und ein Aggregat von feinen Körnchen bildet. Auch Pflanzen-Ueberreste im Kupferschiefer jener Gegenden werden durch Kupferkies vererzt oder überzogen gefunden.

Buntkupfererz kommt auf ganz ähnliche Weise auf den Fischresten des Kupferschiefers von *Eisleben*, aber seltener, wie der Kupferkies, vor. Der Kupferglanz findet sich gleichfalls als Vererzungs-Mittel von Pflanzenresten in der Zechstein-Formation der Gegend von *Frankenberg* in *Hessen*. Die

*) Ebend. 1843. S. 616.

gröfseren Holzreste stellen sich meist in wechselnden Lagen von Kupferglanz und kohliger Substanz dar. Stellenweise sind ihm kleine und höchst dünne Blättchen von gediegenem Silber beigemengt, und überziehen ihn selbst hier und da. An manchen Holzstücken ist auch das Vererzungs-Mittel in sehr schönen, faserigen Malachit umgewandelt.

So finden wir denn gerade diejenigen Schwefelmetalle, welche zu den frequentesten in den Erzlagerstätten gehören, als Vererzungs-Mittel organischer Ueberreste. Wenn wir den Begriff der Löslichkeit der in der Chemie als unlöslich bezeichneten Substanzen noch so weit extendiren: so müssen wir uns doch hinsichtlich der Schwefelmetalle, namentlich der genannten elektropositiven, Grenzen setzen. Um so leichter wird diefs, da das Beispiel des Eisenkieses und der Zinkblende zeigt, dafs aus löslichen Eisenoxydul- und Zinkoxydsalzen unlösliche Schwefelmetalle entstehen können. Es ist ein Schlufs nach der Analogie, dafs auch Schwefelblei und Schwefelkupfer auf solche Weise aus löslichen Blei- und Kupfersalzen entstanden sein mögen, obgleich wir nicht im Stande sind, eben so entschieden die Bildung dieser Schwefelmetalle nachzuweisen, als die des Schwefeleisens und des Schwefelzinks.

Indefs auch hier schimmern Lichtpuncte durch. Blöde *) beschreibt ein frequentes Vorkommen von Enkriniten in Weifsbleierz verwandelt, auf Bleierzgängen im Uebergangskalkstein zu *Javorzno* bei *Kielce*. Das kohlensaure Bleioxyd ist, wie alle kohlensauren Erd- und Metallsalze, im kohlensauren Wasser etwas auflöslich. Man kann sich davon überzeugen, wenn man dieses Carbonat **) in, mit Kohlensäure gesättigtem Wasser einrührt, abfiltrirt und durch die Flüssigkeit Schwefelwasserstoff leitet; es erfolgt eine Trübung durch

*) Jahrb. für Min. 1834. S. 638.

**) Es versteht sich von selbst, dafs dieses Carbonat vorher sorgfältigst ausgewaschen werden mufs. Ich habe das Auswaschen mit heifsem Wasser so lange fortgesetzt, als Schwefelwasserstoffgas das Abwaschewasser noch bräunte. Es ergab sich hieraus, dafs heifses Wasser nicht so viel kohlensaures Bleioxyd aufzulösen vermag, dafs Schwefelwasserstoff darauf reagirt.

gebildetes Schwefelblei. Es ist also zu begreifen, wie sich kohlensaures Bleioxyd in Schwefelblei ebenso umwandeln könne, wie kohlensaures Eisenoxydul in Schwefeleisen. Kohlensaures Kupferoxyd hat man, wie wir weiter unten sehen werden, in Gruben-Wassern aufgelöst gefunden. Eine ähnliche Bildung von Schwefelkupfer ist auch hier zu begreifen.

Aufser dem Zinnober, den man als Ueberzug, sehr selten als wirkliches Vererzungs-Mittel von Fischresten in einem bituminösen Mergelschiefer der Steinkohlen-Formation, bei *Münsterappel* in der *Rheinpfalz*, findet, hat man bis jetzt andere Schwefelmetalle, als die angeführten, nicht als Vererzungs-Mittel angetroffen. Können wir aber an der Möglichkeit zweifeln, dafs sie noch gefunden werden? — Und wenn diefs auch nicht der Fall sein sollte, steht etwas Wesentliches im Wege, wenn wir uns, auf die Analogie bauend, alle Schwefelmetalle in den Erzlagerstätten als Erzeugnisse durch ähnliche Processe auf nassem Wege denken? — Doch wir überschreiten die in diesem Abschnitte gesteckten Grenzen; später, wenn wir auf die Erzgänge kommen, werden wir diesen Faden wieder aufnehmen.

Schliefslich berühren wir nur noch das vorhin bemerkte Vorkommen gediegenen Silbers im Gemenge mit Kupferglanz und organischen Ueberresten. Dafs dieses Metall an Ort und Stelle reducirt worden sein müsse; ist nicht im mindesten zu bezweifeln. Auch dieses deutet darauf hin, dafs die Vererzungs-Mittel, wie wir sie in organischen Ueberresten finden, nicht immer als solche aus Gewässern abgesetzt, sondern nicht selten erst durch mancherlei Processe an Ort und Stelle aus verschiedenem Materiale gebildet worden sein mögen. Schwefelsilber gehört zu den leicht reducirbaren Schwefelmetallen: es wird durch blofse Wasserdämpfe reducirt. Wenn auch dieses Reductionsmittel in jenem Falle nicht wohl angenommen werden kann, so läfst es doch auf ähnliche schliefsen.

Auch gediegenes Kupfer kommt als dünner Ueberzug auf Fischresten in der Kupferschiefer-Formation von *Riechelsdorf* vor. Dieses Vorkommen ist noch merkwürdiger, als das des gediegenen Silbers. Kupferoxyd ist zwar leicht reducirbar; fordert aber doch stets erhöhte Temperatur, die man unter diesen Umständen nur gezwungen annehmen kann. Wie

und auf welche Weise aber auch jenes Kupfer metallisch geworden sein mag, sein Ueberzug auf organischen Ueberresten zeigt die Möglichkeit, wie dieses in Gängen so sehr verbreitete und selbst manchmal in Drusenräumen vorkommende Metall durch ähnliche Processe, ohne alle Mitwirkung plutonischer Kräfte, reducirt worden sein könne.

Haidinger's Bemühungen, die Pseudomorphosen durch eine elektrochemische Richtung der einfachen Stoffe zu classificiren, dürften schwerlich von glücklichem Erfolge sein.

Bei den Schwefelmetallen spielt der Schwefel eine Rolle, besonders dann, wenn sie sich in Oxyde oder Salze umwandeln. Bei den Metalloxydulen, namentlich beim Eisenspath, ist dem atmosphärischen Sauerstoff eine wichtige Rolle zugetheilt. Bei allen übrigen Umwandlungen, bei denen der Salze und besonders der zusammengesetzten Silicate, sind aber die elementaren Stoffe ohne allen Einflufs; denn es finden nur Austausche zwischen Oxyden und Salzen, nie aber zwischen einfachen Stoffen statt. Ebenso wenig ist zu vermuthen, dafs bei Umwandlungsprocessen, selbst nicht bei der Umwandlung des Eisenkieses in Eisenoxydhydrat das Wasser zerlegt werde, oder dafs diese Zerlegung sogar, „durch die so allgemein verbreitete Elektricität" stattfinde.

Haidinger hatte hierbei wahrscheinlich die elektromagnetischen Strömungen, welche Fox *), Henwood und Reich **) in den Erzgängen von *Cornwall*, und im *Erzgebirge* durch die Ablenkung der Nadel eines Multiplicators nachgewiesen haben, im Sinne. Fox fand indefs die Wirkung da, wo kein oder wenig Erz war, gar nicht oder nur gering, und wenn auch Reich bemerkt, dafs diese schwachen Ströme sich auffallend leicht auf Entfernungen von mehreren hundert Fufs, durch Gesteine, wie Gneifs, Barytspath, Quarz, fortpflanzen, die selbst für Elektricität von weit stärkerer Spannung gute Nichtleiter sind ***), so ist doch nicht zu begrei-

*) Poggend. Annal. Bd. XXII. S. 150.

**) Ebend. Bd. XLVIII. S. 287.

***) Nach Reich's Bemerkung mufste die Feuchtigkeit, welche das ganze Gestein durchdringt, in Verbindung mit der grofsen Aus-

fen, wie diese Ströme Wasser zersetzen sollten, wenigstens nicht, wie der Sauerstoff des Wassers jemals frei werden könnte, da es in der Natur an Leitungsdrähten aus Gold oder Platin fehlt.

Haidinger bemerkt, dafs Blum's Eintheilung der Pseudomorphosen keinen rechten Anhaltepunct gewähre. Sie sondere gewissermafsen nur im Grofsen einige Fälle ab, bei welchen die chemische Erklärung durch Verlust oder Aufnahme von Stoffen sich aufdringe, von denjenigen, bei welchen theilweiser Austausch gewisser Bestandtheile stattfindet, und endlich von den noch schwerer erklärbaren, wo die ursprünglichen Bestandtheile der übrig bleibenden Form gänzlich verschwunden sind und durch einen neuen Körper ersetzt werden. Stets werde aber doch eine mineralogische Species durch eine andere vollständig verdrängt.

Es scheint uns nicht, dafs diese letzteren Fälle, die eigentlichen Verdrängungs-Pseudomorphosen, die schwieriger erklärbaren seien; denn sie lassen sich, wie wir gesehen haben (S. 194), auf die Wirkungen der einfachen Wahl-

dehnung, den Leitungswiderstand bis zu dem Grade vermindern, dafs gegen ihn der Widerstand des 180 Meter langen Drahtes durchaus nicht unbeträchtlich ist. Er überzeugte sich davon durch Anwendung eines kürzeren und dickeren Drahtes, wobei die Wirkung sogleich stieg.

Die Leitungsfähigkeit des Gneifses u. s. w. könnte leicht Mystificationen herbeiführen. Man könnte etwa die Erzgänge für Elektromotoren oder Volta's Säulen und den Gneifs u. s. w für die Werkstätte halten, in welcher die Pseudomorphosen durch die elektrischen Ströme fabricirt werden. Wer daran glaubt, dessen Glauben wollen wir nicht rauben. Wir halten es mit den einfachen chemischen Processen, welche, nach den elektrochemischen Vorstellungen, ja auch gleichzeitig elektrische sind. Um so weniger nöthig scheint es uns, zu elektromagnetischen Strömen bei pseudomorphischen Processen Zuflucht zu nehmen, da gerade die Leitungsfähigkeit des Gneifses u. s. w., wie Reich ganz richtig bemerkt, anzeigt (wenn es nicht schon aus anderen Erfahrungen bekannt wäre), dafs dieses Gestein, und ohne Zweifel auch alle anderen, von Feuchtigkeit durchdrungen ist. Wo wir aber Wasser in Gesteinen haben, welches sich, der Natur der Sache nach, immerfort erneuert, da haben wir auch chemische Processe auf nassem Wege.

verwandtschaft zurückführen. Gewässer, welche irgend eine Substanz aufgelöst haben, setzen dieselbe ab und nehmen dagegen eine andere auf, in deren Form jene sich absetzt. In der That sind auch die Verdrängungs-Pseudomorphosen, mit sehr wenigen Ausnahmen, Fossilien, die aus sehr wenigen Bestandtheilen bestehen, und gröfstentheils in gewöhnlichen Quellwassern gefunden werden. Sie sind entweder blofs Oxyde, wie Quarz, Chalcedon, Hornstein, Karneol, Halbopal, Prasem, Eisenkiesel, Eisenoxyd, Manganoxyd, Zinnoxyd, oder Hydrate, wie Brauneisenstein, Stilpnosiderit oder Schwefelmetalle, wie Eisenkies, Strahlkies, oder einfache Salze, wie Steinsalz, Anhydrit, Gyps, kohlensaures Bleioxyd, Eisenspath, Malachit, Kieselzink, Kieselkupfer, Steinmark, Zinkspath, Meerschaum. Der Eisenkies kann freilich nicht zu den Bestandtheilen der Quellen gezählt werden; er kann sich aber leicht aus anderen darin enthaltenen Stoffen bilden. Der Feldstein ist das einzige zusammengesetzte Silicat, welches sich als Verdrängungs-Pseudomorphose nach Kalkspath findet, und der Polyhalit das einzige zusammengesetzte Salz, das als Verdrängungs-Pseudomorphose vorkommt. Die Bestandtheile des letzteren gehören indefs zu den gewöhnlichen der Quellwasser.

Die mehrfach zusammengesetzten Silicate finden sich ausschliefslich unter den Umwandlungs-Pseudomorphosen. Defshalb könnte man diese mit mehr Recht zu den schwieriger erklärbaren zählen, als die Verdrängungs-Pseudomorphosen. Jeden Falls sind die Processe, wodurch Umwandlungs-Pseudomorphosen entstehen, zusammengesetzter, als die, welche Verdrängungs-Pseudomorphosen hervorrufen. Jene Processe sind schwieriger zu verfolgen; denn können wir auch die Mischung des ursprünglichen Fossils mit der des umgewandelten vergleichen: so kennen wir doch die Mischung der Gewässer nicht, welche die Umwandlung bewirkt haben. Daher können in manchen Fällen von dem ursprünglichen Fossil mehr Bestandtheile verloren gegangen und mehr hinzugetreten sein, als es uns erscheint. Es ist wenigstens nicht wahrscheinlich, dafs da, wo aus zusammengesetzten Silicaten Basen verschwunden und andere an die Stelle getreten sind, blofs ein Austausch zwischen den Basen stattgefunden habe,

sondern zu vermuthen, dafs in diesen Fällen Silicate gegen Silicate ausgewechselt worden sind. Darauf haben wir schon (Bd. I. S. 790) gedeutet.

Der Umstand, dafs wir die zusammengesetztesten Fossilien unter den Umwandlungs-Pseudomorphosen finden, scheint ein wichtiges Verhältnifs anzudeuten. Warum finden sich, mufs man fragen, Glimmer, Ophit, Chlorit u. s. w. als Umwandlungs-, nicht aber als Verdrängungs-Pseudomorphosen? — Die Antwort ist einfach: weil sich diese zusammengesetzten Fossilien durch Umwandlung vorhandener, auf Kosten der Bestandtheile der Gewässer, nicht aber aus diesen Bestandtheilen selbst bilden können. Könnte der Glimmer unmittelbar aus den in Gewässern aufgelösten Stoffen entstehen: so wäre zu erwarten, dafs man ihn ebenso, wie etwa den Meerschaum oder den Eisenspath, als Verdrängungs-Pseudomorphose fände. Vielleicht trägt dieser Umstand zur Beruhigung derjenigen bei, welche sich entsetzen, dafs wir überhaupt von einer Bildung des Glimmers auf nassem Wege sprechen.

Es ist einleuchtend, dafs ein Fossil, welches nie in der Form eines andern erscheint, eine gröfsere Verwandtschaft zum Wasser haben müsse, als alle Fossilien, welche in seiner Form erscheinen.

Wir kennen z. B. keine Verdrängungs-Pseudomorphosen des Kalkspaths in Formen irgend eines andern Fossils; umgekehrt giebt es aber viele Pseudomorphosen in Formen des Kalkspaths. Es sind nicht weniger, als 20 Fossilien bekannt, welche in Formen von Kalkspath erscheinen, nämlich: Quarz, Prasem, Eisenkiesel, Chalcedon, Karneol, Hornstein, Halbopal, Feldstein, Meerschaum, Pyrolusit, Hausmannit, Manganit, Zinkspath, Kieselzink, Eisenoxyd, Brauneisenstein, Eisenkies, Strahlkies, Eisenspath, Malachit. Wenn also Gewässer Kieselsäure oder das eine oder andere der Carbonate von Eisenoxydul, Manganoxydul, Zinkoxyd, Kupferoxyd *)

*) Diese Carbonate hat man wirklich in Mineralquellen gefunden (Bd. I. S. 353). Aufser dem Eisen- und Manganoxydul-Carbonat kann man auch kohlensaures Zinkoxyd in wässriger Auflösung künstlich darstellen. Ullmann (Systematisch-tabellarische Uebersicht der mineralogisch-einfachen Fossilien S. 267) fand auf der

oder Magnesiasilicat oder Zinkoxydsilicat *) aufgelöst enthalten, und etwa tropfenweise lange Zeit fort auf Kalkspath fallen: so lösen sie kohlensauren Kalk nach und nach auf und führen ihn fort, während der eine oder der andere der vorgenannten Stoffe die Stelle des fortgeführten kohlensauren Kalks einnimmt und sich in der Krystallform desselben absetzt. Mit Ausnahme des in Kalkspath-Formen vorkommenden Feldsteins, können wir daher das Chemische der Processe begreifen, wodurch sich die angeführten Verdrängungs-Pseudomorphosen in Formen von Kalkspath gebildet haben. Der kohlensaure Kalk ist demnach als ein Fällungsmittel aller der Substanzen zu betrachten, aus welchen jene 20 Fossilien bestehen, und seine Affinität zum Wasser muſs gröſser sein nicht bloſs, als die dieser, sondern aller Substanzen, welche im Mineralreiche vorkommen, da sich, wie schon bemerkt wurde, keine Verdrängungs-Pseudomorphosen des Kalkspaths in Formen irgend eines andern Fossils finden.

Kalkspath kommt indeſs in Formen von Gypsspath vor: das unter dem Namen Schaumkalk bekannte Fossil ist nichts anderes, als ein zu kohlensaurem Kalke umgewandelter wasserhaltiger schwefelsaurer Kalk. Blum führt diese Pseudomorphose unter den Umwandlungs-Pseudomorphosen an. Ist sie eine solche, so stellt sie keine Ausnahme von der Regel

Grube *Eisenzeche* im *Siegenschen* den dichten Malachit noch ganz in seiner Entstehung. Aus einer Kluft, nahe an der First einer Strecke quoll ein ziemlich helles Wasser hervor, welches sich, wegen der Convexität der Wand, fächerförmig beim Herablaufen ausbreitete, und in ähnlicher Form auf der ganzen Fläche herab einen schönen, grünen, dichten Malachit nicht nur schon seit geraumer Zeit abgesetzt hatte, sondern ihn auch noch immerwährend absetzte. Wäre dieses Wasser mit Kalkspath in Berührung gekommen: so würde sich wahrscheinlich eine Pseudomorphose von Malachit in Formen von Kalkspath gebildet haben. Eine ähnliche Malachit-Bildung beobachtete Wangenheim v. Qualen (Bull. de la Soc. imp. des naturalistes de Moscou. 1840. No. IV. p. 422.).

*) Die Gegenwart des Magnesiasilicats in Gewässern ist nachgewiesen (Bd. I. S. 778), die des Zinkoxydsilicats ist noch nachzuweisen, oder wenigstens seine Löslichkeit im Wasser zu ermitteln.

dar, dafs der Kalkspath nie als Verdrängungs-Pseudomorphose in der Form eines andern Fossils erscheint. Es ist denkbar, dafs Gewässer, welche kohlensaures Natron enthielten, die Umwandlung des schwefelsauren Kalks in kohlensauren bewirkt haben; aber dafs es so ist, ist aus den, obgleich ziemlich ausführlich mitgetheilten Beobachtungen über das Vorkommen dieser Pseudomorphose *) nicht zu ersehen. Wir sind daher ungewifs, ob diese Pseudomorphose zu den Umwandlungs- oder Verdrängungs-Pseudomorphosen gezählt werden soll.

Auffallender Weise findet sich auch umgekehrt eine Pseudomorphose des Gypsspaths in Formen von Kalkspath, welche Blum **) gleichfalls zu den Umwandlungs-Pseudomorphosen zählt. Es läfst sich jedoch eben so wenig entscheiden, ob es wirklich eine solche, oder eine Verdrängungs-Pseudomorphose ist.

Da noch viele solcher Ungewifsheiten vorliegen, so sind wir noch nicht im Stande, die Affinitäts-Verhältnisse der Substanzen, aus denen theils die ursprünglichen, theils die pseudomorphosirten Fossilien bestehen, festzustellen.

Dafs sich die Affinitäten je nach den Umständen nicht selten umkehren, ist eine aus der Chemie bekannte Thatsache. Wir zersetzen Eisenoxyd durch Wasserstoffgas, wobei sich Wasser bildet, und umgekehrt Wasserdämpfe durch glühendes Eisen, wobei sich Wasserstoffgas entwickelt. Dieses ganz entgegengesetzte Verhalten in derselben Temperatur erklärt man aus Berthollet's Gesetze, wonach die Wirksamkeit einer Verwandtschaft sowohl von ihrem Grade, als von der Menge des einwirkenden Körpers abhängt. Das Eisen wird durch einen Strom von Wasserdampf oxydirt und durch einen Strom von Wasserstoffgas reducirt, weil die Producte der Oxydation oder Reduction immer weggeführt werden und der Verwandtschaft der nachfolgenden Masse nicht entgegen wirken.

Es fragt sich daher, ob ein ähnliches entgegengesetztes Verhalten bei den pseudomorphischen Processen gedacht werden könne? — Bei diesen überwiegt stets die Quantität der

*) Blum die Pseudomorphosen. S. 47 ff.

**) Nachtrag. S. 21.

Masse des Fossils, welches pseudomorphosirt wird. Denn da die meisten der in Gewässern enthaltenen Stoffe, welche Pseudomorphosen bewirken, mehr oder weniger schwerlöslich, und daher nur in äufserst geringen Quantitäten vorhanden sind, überdiefs die Gewässer selbst wohl nur tropfenweise in den Wirkungskreis kommen: so verschwindet die Menge dieser Stoffe gegen die des Fossils, welches der Pseudomorphose unterliegt. Defshalb kann es wohl als möglich gedacht werden, dafs ein Mal die grofse Menge der Substanz *A* eines Fossils die verschwindend kleine der Substanz *B* aus Gewässern fällt, während in einem andern Falle die grofse Menge der Substanz *B* eines Fossils die verschwindend kleine der Substanz *A* aus Gewässern niederschlägt. In jenem Falle würde eine Verdrängungs-Pseudomorphose von *B* in Formen von *A*, in diesem umgekehrt eine Verdrängungs-Pseudomorphose von *A* in Formen von *B* entstehen.

Zeigt diefs auch die Möglichkeit, dafs einmal der Kalkspath den Gypsspath, ein andermal dieser jenen verdrängen kann: so lassen wir es doch dahin gestellt, ob beide Fälle wirklich Verdrängungs-Pseudomorphosen, oder ob nicht der eine oder der andere eine Umwandlungs-Pseudomorphose ist. Diese beiden Fälle würden wenigstens das einzige Beispiel einer solchen gegenseitigen Verdrängung darbieten. Es giebt zwar noch zwei Fälle: die Pseudomorphose des Bleiglanzes in Formen von Pyromorphit und umgekehrt die Pseudomorphose von Pyromorphit in Formen von Bleiglanz; aber diefs sind ohne Zweifel Umwandlungs-Pseudomorphosen. Dafs aber bei diesen, je nach den Bestandtheilen in den Gewässern, die verschiedenartigsten pseudomorphischen Processe stattfinden können, geht schon daraus hervor, dafs dasselbe Fossil sich in verschiedene andere mit Beibehaltung der Form umwandeln kann.

Aus diesen Betrachtungen dürfte wohl hervorgehen, dafs Blum's Eintheilung der Pseudomorphosen in Umwandlungs- und Verdrängungs-Pseudomorphosen eine naturgemäfse sei. Es ist nur, wie wir wiederholt bemerkt haben, in manchen Fällen sehr schwierig zu ermitteln, ob eine Umwandlung oder eine Verdrängung stattgefunden habe. Doch diefs darf nicht abschrecken, auf dieser Bahn fortzuschreiten.

Blum giebt eine übersichtliche und vergleichende Darstellung derjenigen Stoffe, welche sich bei den Umwandlungs-Pseudomorphosen besonders wichtig machen. Sie sind der Natur der Sache nach verschiedene, je nachdem man die erdigen oder die metallischen *) Substanzen betrachtet.

Bei den letzteren ist es besonders der Sauerstoff, welcher activ auftritt, und die meisten Umwandlungen bewirkt. Unter 43 Fällen sind es 32, wovon diefs gilt. Nach dem Sauerstoff machen sich besonders Wasser und Kohlensäure in dieser Beziehung wichtig.

Auf der andern Seite sind es hauptsächlich Schwefel und Kohlensäure, vorzüglich ersterer, welche eine passive Rolle spielen, d. h. aus den Verbindungen verschwanden. Der Sauerstoff verdrängte am häufigsten den Schwefel, indem er ihn in Schwefelsäure, wohl nie in schweflige Säure, umwandelte.

Es ist sehr bemerkenswerth, dafs gerade diejenigen Substanzen, womit die Fossilien vorzugsweise in Berührung kommen, nämlich Gewässer, welche geringe Mengen Sauerstoff und Kohlensäure enthalten, die meisten Umwandlungen bei den Erzen bewirken.

Bei den erdigen Umwandlungs-Pseudomorphosen ist es besonders die Magnesia, welche gegen die übrigen Substanzen activ auftritt. Unter 42 Fällen sind es 22, wo sie diese Rolle spielt.

Was das Vorkommen betrifft, so finden sich von den metallischen Umwandlungs-Pseudomorphosen

im Gesteine 9,	nur in diesem 5;
auf Gängen 36,	nur auf diesen 32;
auf Lagern 7,	nur auf diesen 2;

Von den erdigen Umwandlungs-Pseudomorphosen kommen vor:

im Gesteine 26,	nur in diesem 19;
auf Gängen 21,	nur auf diesen 12;
auf Lagern 5,	nur auf diesen 3;

*) Es werden darunter die schweren Metalle, vorzugsweise die Erze, verstanden.

Dafs die gröfsere Zahl dieser Pseudomorphosen in Gesteinen eingeschlossen sich finden, hat darin seinen Grund, dafs es entweder die wesentlichen Gemengtheile der krystallinischen Gebirgsarten sind, welche den pseudomorphischen Processen unterlagen, wie Feldspath, Quarz, Glimmer, Augit, Hornblende, Turmalin, Leuzit, oder solche, welche oft als Einschlüsse in gewissen Gesteinen gefunden werden, wie Andalusit, Disthen, Wernerit, Idokras, Chrysolith, Pyrop, Spinell.

Von den Verdrängungs-Pseudomorphosen gehören 42 den Erzen und 32 den erdigen Substanzen an. Es wurde schon bemerkt, dafs sich unter den ersteren der Brauneisenstein und unter den letzteren der Quarz als verdrängende Substanzen auszeichnen; denn jener bildet 11, dieser 23 Fälle.

Die Fossilien, welche verdrängt wurden, sind vorzüglich die erdigen; es verschwanden nämlich in 52 Fällen diese und in 22 metallische Substanzen. Der Kalkspath ist es, welcher am häufigsten, nämlich in 20 Fällen verdrängt wurde.

Von den metallischen Verdrängungs-Pseudomorphosen kommen vor:

im Gesteine	2
auf Gängen	33
auf Lagern	1

Von den erdigen Verdrängungs-Pseudomorphosen finden sich:

im Gesteine	13,	nur in diesem	12
auf Gängen	22,	nur auf diesen	21.

Wo die meisten Gewässer circuliren, mithin in den grobkörnigen Gebirgsgesteinen, da müssen die meisten pseudomorphischen Processe von Statten gehen. Das Vorkommen der Pseudomorphosen bestätigt diefs. So finden sich die *Heidelberger* Pinite im grobkörnigen Ganggranit, die ausgezeichnetesten mit Quarz in der Nähe des Granit-Nebengesteins.

Dafs die metallischen Umwandlungs- wie Verdrängungs-Pseudomorphosen bei weitem in gröfserer Menge in Gängen, als im Gesteine vorkommen, hängt natürlich damit zusammen, dafs jene vorzugsweise die Vorrathskammern der Erze sind.

Ueberdiefs sind die Gänge gewöhnlich nicht von einer compacten Masse erfüllt, sondern haben häufig Drusenräume oder Höhlungen, die manchmal auf langen Strecken communiciren und defshalb leicht vom Wasser durchdrungen werden können. Die frei stehenden Krystalle unterliegen am meisten diesen Vorgängen.

In den Fällen, wo Sauerstoff, Wasser, Kohlensäure Umwandlungen in den Gängen bewirken, finden wir die Umwandlungs-Producte vorzugsweise in obern Teufen und sie verschwinden oft in einer gewissen Tiefe. Manchmal ist diese Tiefe sehr bedeutend, wie in den Gruben zu *Holzappel* in *Nassau*, wo man 210 Fufs unter Tage Weifsbleierz getroffen hat. Diese Umwandlungs-Producte bezeichnen die Tiefe, bis zu welcher die Gewässer dringen. Beispiele dieser Art behalten wir der Betrachtung der Erzgänge vor. Bei Gängen, deren Ausgehendes von mächtigen Thonlagen bedeckt ist, zeigt sich keine Umwandlung des Eisenspaths zu Brauneisenstein *), weil in diesem Falle der Zutritt der Gewässer abgehalten wurde.

Von einer besondern geologischen Bedeutung sind die Verdrängungen, welche mitten im Gesteine vor sich gehen und wovon Blum sechs Fälle anführt. Kann nicht ebenso, wie in diesen Fällen die verdrängende Substanz die Form der verdrängten angenommen hat, sie auch in ihrer eigenen Krystallgestalt auftreten? — Wenn man daran zu zweifeln keine Ursache hat, so ist leicht zu begreifen, wie etwa Eisenkies in einem granitischen Gesteine, dessen gleichzeitige Bildung mit den übrigen Gemengtheilen als eine Unmöglichkeit erscheint, den Raum eines verdrängten Fossils eingenommen haben könne. Da der Act der Fort- und Zuführung ein gleichzeitiger ist, was man nie aus den Augen verlieren darf: so ist ohne Schwierigkeit zu denken, wie etwa der Eisenkies als krystallinischer Anflug in dem Raume des nach und nach fortgeführten frühern Fossils erscheinen könne.

Um nicht mifsverstanden zu werden, erklären wir uns etwas deutlicher. Ob Feldspath, als solcher, von Gewässern

*) Schmidt Beiträge zu der Lehre von den Gängen. Siegen 1827. S. 58.

fortgeführt werden könne, wissen wir nicht. Wir wissen aber, dafs er sich in Kaolin, in Steinmark, in Talk und in Speckstein umwandeln kann; denn diese Fossilien finden sich in Formen von Feldspath. Speckstein kommt unter andern im Gneifs und Syenit, mithin in Gesteinen vor, welche Feldspath im körnig-schieferigem Gefüge enthalten. Niemand wird daher an der Möglichkeit zweifeln, dafs der Speckstein in diesen Gesteinen von zersetztem Feldspath herrühren könne; denn ebenso, als Feldspathkrystalle in Speckstein sich umwandeln, kann auch eine formlose Feldspathmasse diese Umwandlung erleiden *).

Speckstein ist kieselsaure Magnesia; in Gewässern finden wir dieses Silicat; es steht daher der Annahme nichts entgegen, dafs der durch Zersetzung des Feldspaths zurückgebliebene Speckstein durch Gewässer fortgeführt werden und an seine Stelle irgend ein anderes Fossil treten könne. An dieser Fortführung ist um so weniger zu zweifeln, als der Speckstein zu *Poremba*, *Zalas* und *Rudna* in *Polen* als Ausfüllungsmasse von Blasenräumen im Mandelsteine vorkommt **). Da wir Eisenkies unter den Einschlüssen des Gneifses finden, da dieses Fossil aus Gewässern sich bilden kann: so liegt in der Annahme gewifs kein Widerspruch, dafs der Eisenkies möglicher Weise den Speckstein verdrängt haben könne. Der Beweis, dafs diefs wirklich so sei, kann nicht geführt werden; denn der Speckstein besitzt keine ihm eigenthümliche Krystallform; es kann daher keine Verdrängungs-Pseudomorphose des Eisenkieses in Formen von Speckstein geben. Fände aber eine solche Verdrängung statt, so würde der Eisenkies in seiner ihm eigenthümlichen Form erscheinen und die Räume erfüllen, die früher vom Feldspath erfüllt wurden.

Wir bitten, diefs nur für ein Beispiel zu nehmen, wie

*) Wir dürfen jedoch nicht übersehen, dafs sich manchmal krystallisirter Feldspath leichter zersetzt, als krystallinischer oder feldspathige Grundmasse Diese öfters vorkommende Erscheinung zeigt sich bei der Umwandlung des krystallisirten Feldspaths in Speckstein, während die feldspathige Grundmasse weniger verändert erscheint.

**) G. Leonhard's Handbuch der topograph. Mineralogie. S. 476.

aus einer Gebirgsart irgend ein Gemengtheil, sei er in Krystallen oder in formlosen Massen vorhanden, ganz oder theilweise in Folge eines oder mehrerer Processe zersetzt und fortgeführt werden, und dagegen ein anderes Fossil in seiner ihm eigenthümlichen Gestalt an die Stelle treten könne.

Unter denjenigen Geologen, welche sich mit solchen Verdrängungen im Gebirgsgesteine auf nassem Wege nicht vertraut machen können, obgleich die Verdrängungs-Pseudomorphosen solche Erscheinungen klar darthun, giebt es gewifs mehrere, welche die Metamorphose grofser Gebirgsmassen auf plutonischem Wege für eine entschiedene, oder doch wenigstens für eine sehr wahrscheinliche Thatsache halten. Wenn solche Geologen den Gneifs für ein metamorphosirtes sedimentäres Gestein halten: so mögen sie uns erlauben, den Act einer solchen Metamorphose etwas zu zergliedern.

Angenommen, es stände von chemischer Seite einer solchen Metamorphose kein Hindernifs entgegen, das sedimentäre Gestein enthalte daher alle Bestandtheile des Gneifses und in demselben Verhältnisse, wie dieser: so können sie doch nicht eine plutonische Erhitzung bis zu dem Grade annehmen, dafs das ganze Gestein zum Schmelzen käme; denn in diesem Falle würde das Kennzeichen, welches hauptsächlich zu dieser Hypothese führt, die Schichtung, verschwinden. Es scheint auch, dafs alle Geologen, welche dieser plutonischen Metamorphose huldigen, nur ein heftiges Glühen annehmen. Die Metamorphose müfste daher in einer festen, wohl kaum erweichten Masse von Statten gehen.

Die Umwandlung des Glases in Reaumur's Porcellan durch Cementation zeigt die Möglichkeit, wie ein gemengtes sedimentäres Gestein, wenn es die erforderlichen Bestandtheile enthält, gleichfalls durch Cementation in ein krystallinisches Gestein umgewandelt werden könne. Wäre der Gneifs ein inniges Gemeng aus Feldspath, Quarz und Glimmer, so hätte es keine Schwierigkeit, sich zu denken, wie sich während der Cementation des sedimentären Gesteins aus den vorhandenen Stoffen jene Fossilien gebildet hätten. Allein die Structur-Verhältnisse dieser Gebirgsart sind von der Art, dafs blofs die Feldspaththeile und Quarzkörner in mehr oder weniger innigem Gemenge zu dünnen Schichten verbunden sind,

der Glimmer aber, die Theilungs-Richtung bedingend, meist nur als dünnes Haufwerk neben und über einander liegender Blättchen und Schuppen erscheint. Da man unmöglich annehmen kann, dafs die Materialien zur Bildung der drei Gemengtheile des Gneifses im sedimentären Gesteine eben so gesondert vorhanden waren, als wir sie nach der angenommenen plutonischen Metamorphose darin finden: so müfsten während derselben ganz bedeutende Ortsveränderungen jener Materialien stattgefunden haben. Solche Ortsveränderungen sich in einem, auch noch so sehr erhitzten, aber immer noch starren Gesteine zu denken, ein Aufhäufen des Glimmers in Lagen mit gänzlicher Verdrängung des Feldspaths und Quarzes zu begreifen, diefs hat, wie jene Geologen gewifs nicht verkennen werden, seine grofsen Schwierigkeiten. Berücksichtigt man endlich, dafs es schwerlich irgend ein sedimentäres Gestein giebt, welches so zusammengesetzt wäre, dafs es während der Cementation ganz in Feldspath, Quarz und Glimmer umgewandelt werden könnte; sondern dafs stets von aufsen neue Bestandtheile, namentlich Alkalien zutreten müfsten, um eine solche Metamorphose möglich zu machen: so stofsen wir auf unüberwindliche Hindernisse. Von demjenigen sedimentären Gesteine, welches am häufigsten analysirt worden ist, und dessen Umwandlung in Gneifs anzunehmen man vorzugsweise Veranlassung hat, vom Thonschiefer, läfst es sich wenigstens darthun, dafs ohne Hinzukommen neuer Stoffe von aufsen, eine gänzliche Umwandlung in Gneifs zu den unmöglichen Dingen gehört.

Eine weitere Schwierigkeit erwächst der Hypothese von der plutonischen metamorphischen Bildung des Gneifses aus irgend einer sedimentären Formation durch den Wassergehalt des Glimmers (S. 225). Der Thonschiefer, wenn er hier und da das Material dazu geliefert haben sollte, hält zwar Wasser in hinreichender Menge für die Glimmer-Bildung; Wasser und Glühehitze sind aber zwei Dinge, die sich nicht mit einander vertragen. Doch durch Druck kann man ja das Wasser zurückhalten; die Vertheidiger jener Hypothese werden also defshalb um so weniger in Verlegenheit sein, als sie ja nur das der Metamorphose unterworfene Gestein in die heifsen Regionen des Erdinnern zu versenken und mit so vielen anderen sedimentären Formationen zu bedecken brauchen, um

unter einem solchen Drucke die Metamorphose ruhig und ohne Verlust von Wasser von Statten gehen zu lassen.

Führen uns die geognostischen Verhältnisse zur Annahme, dafs der Gneifs nur durch eine metamorphische Umwandlung einer sedimentären Formation entstanden sein könne, stellen sich, wie wir gesehen haben, einer Umwandlung auf plutonischem Wege unübersteigliche Schwierigkeiten entgegen: so bleibt uns nur der nasse Weg übrig. Um so mehr können wir uns mit diesem befreunden, je mehr die Pseudomorphosen zeigen, was auf diesem Wege geschehen kann, und je mehr die oben mitgetheilten Verdrängungen mancher Fossilien durch andere in mächtigen Gangzügen darthun, wie diese Verdrängungen im grofsartigen Maafsstabe von Statten gegangen sind.

Es ist nicht zu verkennen, dafs die bedeutenden Ortsveränderungen der Materialien in den sedimentären Gesteinen, aus welchen sich die Gemengtheile des Gneifses, namentlich der Glimmer, bilden, auch bei einer Metamorphose auf nassem Wege schwierig zu begreifen sind; aber gewifs nicht schwieriger, als bei der Metamorphose auf plutonischem Wege. Bei dieser würde die Hitze die Ursache der Ortsveränderungen sein, bei jener das Wasser. Dafs man sich ein Fort- und Zuführen von Stoffen, innerhalb bedeutender Entfernungen, leichter durch Wasser, als durch Hitze denken könne, ist wohl von selbst klar. Unbeschränkte Zeiträume kann man für die Metamorphosen auf diesem oder auf jenem Wege annehmen. Aber auch in dieser Beziehung neigt sich die Waage zum nassen Wege; denn so lange Gewässer in Gebirgsgesteinen circuliren, dauert das Zu- und Fortführen von Stoffen in unverändertem Grade fort; bei der plutonischen Metamorphose hingegen nimmt die Wirkung mit allmäliger Erkaltung ab und verschwindet endlich ganz.

Noch mehr neigt sich die Waage zum nassen Wege, wenn wir uns die oben (S. 174) erwähnten Erscheinungen auf *Lipari* vergegenwärtigen. Wenn wir sehen, wie dort durch die Wirkung gesäuerter Gewässer auf den Tuff ein hundertfach wiederholter Wechsel zwischen Gypstafeln und Tuffplatten zu Stande gebracht werden konnte: so sehen wir nicht ein, warum nicht ähnliche lagenartige Absonderungen

bei der Metamorphose eines sedimentären Gesteins auf nassem Wege eintreten sollten, sofern nur die Möglichkeit einer Bildung des Glimmers durch einen Umwandlungsprocefs auf nassem Wege zugegeben wird. Denn nur darum handelt es sich; eine Bildung von Feldspaththeilen und Quarzkörnern brauchen wir nicht vorauszusetzen, da beide in sedimentären Gesteinen vorkommen. Was endlich auf plutonischem Wege unbegreiflich ist, weil der Thonschiefer die Materialien zu einer vollständigen Umwandlung in Gneifs nicht darbietet, das ist die geringste Schwierigkeit für die Umwandlung auf nassem Wege. Gewässer können aus der Nähe oder aus der Ferne Stoffe herbeiführen und sie in der Nähe oder in der Ferne wieder absetzen. Doch wir haben diesen Gegenstand hier nur andeuten wollen, später kommen wir wieder darauf zurück.

Schliefslich kommen wir noch zu den neuesten Arbeiten im Gebiete der Pseudomorphosen, welche sich auf allgemeine Verhältnisse beziehen.

Dana *) sieht die Pseudomorphosen als entstanden an: durch Infiltration, durch Incrustation, durch Ersetzung, durch Veränderung und durch Allomorphismus. Da, nach unserer Ansicht, durch diese Eintheilung kein Gewinn für das Genetische erwächst: so beziehen wir uns auf das, was Blum **) derselben entgegensetzt, womit wir im Allgemeinen übereinstimmen.

Stein ***) sucht einen Weg anzudeuten „auf welchem es durch fortgesetzte Forschungen und Versuche vielleicht möglich sein würde, zu befriedigenderen Resultaten zu kommen, als es bisher der Fall war.“ Er scheidet mehrere Pseudomorphosen aus der Reihe dieser Bildungen aus, weil ihrer Entstehung ganz andere Ursachen zum Grunde liegen sollen, als der aller übrigen: es sind die des Glimmers in den Formen von Pinit, Andalusit, Wernerit und Turmalin, so wie der Disthen in der Form des Andalusits. „Wenn wir,“ sagt er, „die Analysen der verschiedenen Glimmerarten vergleichen mit denen

*) Siliman's American. Journ. V. XLVIII. p. 81 etc.

**) Nachtrag zu den Pseudomorphosen. S. 4 fg.

***) Neues Jahrb. für Mineralogie. 1845. S. 395 fg.

der andern Mineralien, aus welchen er sich gebildet haben soll: so finden wir nicht allein zwischen ersteren und letzteren und zwischen diesen unter sich eine aufserordentliche qualitative, wie quantitative Aehnlichkeit; wir finden auch weiter, dafs die verschiedenen Analysen des Glimmers zwischen viel weiteren Grenzen schwanken, als der Unterschied beträgt, welcher zwischen ihnen und den Analysen der anderen genannten Mineralien stattfindet. Es kann also offenbar hier nicht die Rede sein weder von einem Verluste, noch von einer Aufnahme oder einem Austausche von Bestandtheilen u. s. w." Diese bedeutenden Schwankungen in der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung sollen zu dem Schlusse berechtigen, dafs die Glimmerblättchen-Form nicht sowohl einer unveränderlichen chemischen Zusammensetzung ausschliefslich eigen, sondern vielmehr Folge gewisser bei der Bildung dieser Form vorhanden gewesener Bedingungen sei. Sie sollen nebst anderen Beispielen, die hierfür noch aus den Erfahrungen der Chemie angeführt werden könnten, zu dem Schlusse berechtigen, dafs eine Reihe einander ähnlicher, chemischer Verbindungen beim Vorhandensein dieser Bedingungen im Stande sei, in Glimmer-Form zu krystallisiren. Stein meint nun, diese Bedingungen in der mehr oder weniger schnellen Abkühlung der Krystalle zu finden. Bilde sich der Glimmer bei sehr langsamer Abkühlung, so könne man sich denken, dafs in schon fertigen Krystallen von Syenit u. s. w. die Glimmerblättchen-Form zum Vorschein komme, wenn dieselbe längere Zeit von Neuem einer höheren, noch lange nicht den Schmelzpunct erreichenden Temperatur ausgesetzt werden. Er hält jene Fälle ganz analog der Umwandlung des Arragons in Kalkspath beim Erhitzen; sie sollen daher dem Dimorphismus oder vielmehr Polymorphismus angehören.

Blum bemerkt dagegen, dafs weder die gleiche Zusammensetzung des Andalusits und Disthens, also ihre Dimorphie, nachgewiesen ist, sondern vielmehr die Verschiedenheit durch die Analyse von Erdmann dargethan worden, noch dafs die Uebereinstimmung der Zusammensetzung der anderen genannten Fossilien, namentlich des Andalusits und Wernerits, mit der des Glimmers so grofs sei, dafs man sie für polymorph halten könnte. Die Schwankungen in den Resultaten der Ana-

lysen genannter Fossilien dürften, nach Blum, in der öfters schon begonnenen Umwandlung derselben zu Glimmer ihren Grund haben, während letzterer aus gleicher Ursache noch gröfsere Schwankungen zeigt.

Indem wir Blum's Bemerkungen nur beistimmen können, fügen wir hinzu, dafs, wenn man die Umwandlungs-Pseudomorphosen des Glimmers in Formen anderer Fossilien nicht als solche erkennen will, viele andere, welche man allgemein dazu zählt, gleichfalls nicht für solche gehalten werden können. Die Umwandlung der Hornblende, des Granats, des Feldspaths in Chlorit: diese Pseudomorphosen zeigen eine solche Aehnlichkeit mit denen verschiedener Fossilien, wie des Turmalins, des Wernerits, des Feldspaths u. s. w. in Glimmer, dafs man, wenn diese nicht gelten sollen, auch jene und noch viele andere nicht gelten lassen kann. Vergleicht man z. B. folgende beide Beschreibungen, die wir aus Blum's Werken entlehnen: so wüfsten wir in der That nicht, welchen Unterschied man in der Bildung beider Fossilien finden könnte.

Der weifse oder fleischrothe, stark glänzende Feldspath wird auf der Oberfläche matt und gräulich. Es erscheinen feine Chlorit-Schüppchen, dieselben vermehren sich, bis endlich eine vollständige Rinde von feinschuppigem Chlorit entstanden ist. Beim Zerbrechen dieser Krystalle sieht man, wie nach innen die Umwandlung in verschiedenen Stufen vorgeschritten ist. Während bei einigen sich erst jene Rinde gebildet hat, zeigt sich bei andern Chlorit in sehr feinen Blättchen in der Feldspathmasse, besonders in den Spaltungsrichtungen und manchmal in solcher Menge, dafs ein wahres Gemeng aus beiden entstand u. s. w.

Der licht fleischrothe, meist krystallinische Feldspath zeigt nicht mehr die gewöhnliche Frische, sondern ist matt oder doch nur wenig glänzend. Er ist dabei bröcklich, obwohl die einzelnen Stückchen sich stets in der Richtung der Spaltungsflächen ablösen. Fast überall ist er mit höchst feinen Glimmerschüppchen gemengt. Dieser Glimmer hat sich an vielen Stellen so gehäuft, dafs der frühere Feldspath ganz verschwunden ist, und jener theils die krystallinische, theils die Krystallform von diesem zeigt u. s. w.

Ist dieser Glimmer eine ursprüngliche Bildung, so ist es

gewifs auch jener Chlorit und eben so müfsten es viele andere Substanzen sein, die wir bisher für Umwandlungs-Pseudomorphosen gehalten haben.

Th. Scheerer *) glaubte auf eine eigenthümliche Art der Isomorphie geführt worden zu sein, welche darin bestehen soll, dafs das Wasser die Magnesia zu ersetzen vermag. Er fand, dafs Cordierit und Aspasiolith (ein neues von ihm so benanntes Fossil) Kieselsäure und Thonerde sehr nahe in gleichem Verhältnisse enthalten, dafs aber in letzterem die Magnesia zurück- und dagegen das Wasser hervortritt. Beide Fossilien haben gleiche Krystallform, und ein und derselbe Krystall besteht theilweise aus Cordierit, theilweise aus Aspasiolith. Von ersterem wird besonders der Kern gebildet. Es soll hier nicht entfernt an eine Verwitterung oder Zersetzung zu denken sein. Scheerer meint daher, dafs beide Fossilien, Cordierit und Aspasiolith, isomorph seien, und dafs diese Isomorphie darin ihren Grund habe, dafs eine gewisse Menge Wassers eine gewisse Menge Magnesia zu ersetzen vermag.

Er vermuthet, dafs diese Art der Isomorphie eine mehr oder weniger ausgedehnte Rolle im Mineralreiche spielen möge, und dafs sich daher auch aus der Zusammensetzung anderer wasserhaltiger Fossilien Belege für die Richtigkeit seiner Ansicht auffinden lassen würden. Diefs soll wirklich beim Serpentin der Fall sein, den er für einen wasserhaltigen Olivin hält, und hieraus erklärt er die gleiche Krystallform des Olivins und des Serpentins von *Snarum*. Der Ansicht einiger Mineralogen, dafs diese Serpentinkrystalle Pseudomorphosen nach Olivin seien, soll das Vorkommen derselben widersprechen. „Nirgends lasse sich beim Serpentin von *Snarum* eine Verwitterung oder anderweitige Zersetzung beobachten, wie sie alle hier in Betracht kommenden Pseudomorphosen zu begleiten pflegt. Die völlig frischen, durch Eisenoxydulsilicat grün gefärbten Serpentinkrystalle sind entweder in eben so frischem, mit glänzenden Spaltungsflächen versehenem Magnesit oder in durchaus unzersetztem Titaneisen eingewachsen. Manchmal findet man Serpentin-Parthieen als

*) Poggend. Annal. Bd. LXVIII. S. 319. ff.

Einschlüsse im Titaneisen. Nirgends gewahre man Klüfte, Spalten oder Drusenräume, welche an Filtration, Gangbildung u. s. w. erinnern könnten, sondern Serpentin, Magnesit, Titaneisen, Glimmer und einige andere hier auftretende Fossilien sind fest und innig mit einander verwachsen und bilden eine bandförmige Zone im Urgneifse."

Könnte man in weit von einander abstehenden Zeiträumen solche, aus Cordierit und Aspasiolith bestehende Krystalle an ihren Fundorten beobachten: so würde sich leicht entscheiden lassen, ob Scheerer's Ansicht die richtige, oder ob nicht vielmehr der Aspasiolith ein umgewandelter Cordierit sei, wofür ihn Blum *) hält. Denn sollten wiederholte Beobachtungen ergeben, dafs in solchen Krystallen, selbst nach langen Zeiträumen, keine Veränderung in dem relativen Verhältnisse beider Fossilien einträte: so würde man den Aspasiolith allerdings für ein selbstständiges Fossil zu halten haben. Sollte man aber eine fortschreitende Umwandlung des Cordierits in Aspasiolith wahrnehmen, dann würde das Gegentheil erwiesen sein. In Ermanglung solcher Beobachtungen müssen wir uns nach anderen Kennzeichen umsehen, um wenigstens für die eine oder andere Ansicht gröfsere Wahrscheinlichkeits-Gründe zu erlangen.

Scheerer spricht davon, dafs sich sowohl bei dem mit Cordierit verwachsenen Aspasiolith, als beim Serpentin keine Verwitterung oder Zersetzung zeige. Wir sehen nicht ein, wie daraus folgen soll, dafs nicht dort der Cordierit, hier der Olivin Wasser aufgenommen und dagegen etwas Magnesia abgetreten haben können. Ist denn dazu eine Verwitterung, d. h. eine Einwirkung der Atmosphärilien erforderlich? — Es würde ja nur ein einfacher Austausch zwischen zwei Körpern sein, wie wir ihn bei den Umwandlungs-Pseudomorphosen so häufig wahrnehmen. Ist denn die Umwandlung des Feldspaths in Kaolin ein anderer Procefs, als dafs Wasser aufgenommen und kieselsaures Kali abgeschieden wird, und finden wir nicht frische und stark glänzende Krystalle mit erdigen verwachsen? — Zwischen dieser von Niemand bezweifelten Umwandlung des Feldspaths in Kaolin und jenem

*) Nachtrag. S. 33.

von Scheerer angeführten Falle können wir in der That keinen wesentlichen Unterschied finden, und es liefsen sich viele Beispiele aus den Pseudomorphosen entlehnen, wo sich ganz dieselben Verhältnisse, wie beim Aspasiolith zeigen. Haben wir endlich nicht gesehen (S. 225), dafs die meisten pseudomorphischen Umwandlungs-Processe mit Aufnahme von Wasser beginnen? —

Was insbesondere das Verhältnifs des Serpentins zum Olivin betrifft, so sehen wir nicht ein, warum jener defshalb eine ursprüngliche Bildung sein müsse, weil grün gefärbte Krystalle desselben in unzersetztem Magnesit und Titaneisen eingewachsen sind. Jener könnte ja gerade von der aus dem Serpentin ausgeschiedenen Magnesia herrühren, so dafs die Bildung beider ein und derselbe Act gewesen wäre. Ueberdiefs ist es keine Seltenheit, dafs von dicht neben einander liegenden gleichartigen Fossilien einige zersetzt sind, während andere noch ganz frisch sich zeigen. Um so weniger kann man daher schliefsen, dafs, wenn im Gebirgsgesteine irgend ein Fossil nicht verwittert sich zeigt, ein anderes in der Nähe einem Umwandlungs-Processe nicht ausgesetzt gewesen sein könne.

In allen Fällen, wo sich an einem und demselben Handstücke die vollkommensten Uebergänge aus einem Fossile in das andere zeigen, wie, nach Scheerer's Beschreibung, bei dem mit Aspasiolith verwachsenen Cordierit, könnte dessen Ansicht Platz greifen, dafs beide ursprüngliche Bildungen seien. Die meisten Umwandlungs-Pseudomorphosen, in denen noch theilweise das ursprüngliche Fossil gerade so als Kern gefunden wird, wie der Cordierit in jenem Fossile, könnten für Verwachsungen zweier verschiedener ursprünglicher Fossilien gehalten werden. Wir kämen dann auf die oben (S. 252) bestrittenen Ansichten Stein's.

Wenn es möglich wäre, dafs zwei isomorphe Fossilien so mit einander krystallisiren könnten, dafs sie die vollkommensten Uebergänge aus dem einen Fossile in das andere zu bilden im Stande wären: so müfste man erwarten, dafs ein solches Verhältnifs auch künstlich hervorgerufen werden könnte. Wir kennen aber keinen Fall, wo aus einer gemeinschaftlichen Lösung zweier isomorpher Salze die beiden Salze so

krystallisirten, dafs Uebergänge des einen Salzes in das andere sich zeigten. Mitscherlich hat dargethan, dafs, wenn Salze in gleichen Krystallformen krystallisiren, sie in jedem Verhältnisse mit einer vereinigt (also nicht mit einander gemengt) vorkommen können, wie es die kohlensauren Salze in der Natur und die schwefelsauren in der Kunst zeigen.

Nach allem diesen halten wir es für die wahrscheinlichste Ansicht, dafs der Aspasiolith ein umgewandelter Cordierit und der Serpentin, in Formen von Olivin, ein umgewandelter Olivin sei. Auf diese letztere Umwandlung kommen wir später wieder zurück.

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

Kap. II.

Stöchiometrische Verhältnisse der Pseudomorphosen und ihre Bedeutung für geologische Forschungen.

Auf den ersten Blick scheinen die chemischen Formeln der Fossilien geeignet, die chemischen Veränderungen, welche bei den pseudomorphischen Processen von statten gehen, übersichtlich darzustellen. Blum hat diesen Weg eingeschlagen, obgleich er diese Darstellung selbst nur für einen Versuch gelten lassen will.

Die Zusammensetzung derjenigen Fossilien, welche binäre Verbindungen der elementaren Körper (Oxyde, Schwefelmetalle, Chlormetalle u. s. w.) oder Verbindungen eines elektropositiven Oxyds oder Schwefelmetalls mit einem elektronegativen Oxyde oder Schwefelmetalle sind, haben eine so einfache, und mit den Gesetzen der bestimmten Mischungsverhältnisse so im Einklange stehende Zusammensetzung, dafs es kaum Fossilien von solcher Zusammensetzung geben möchte, deren chemische Formel noch einen Zweifel übrig läfst. Dasselbe gilt wohl auch von den einfachen Silicaten; nur verursacht der Umstand, dafs sich die Kieselsäure mit den Basen in mehrfachen und zahlreichen Verhältnissen verbindet, nicht selten einige Zweifel über die wahre Sättigungsstufe des Silicats.

Die einfachen Silicate unter den Fossilien sind nicht sehr zahlreich. Viel häufiger sind die aus 2, 3, 4, 6 und noch mehr Basen bestehenden Silicate. Wenn auch die Doppel-

silicate in ihrer Constitution, insbesondere was das Verhältnifs der Sauerstoff-Atome beider Basen betrifft, ganz denselben Gesetzen zu folgen scheinen, wie die künstlich darstellbaren Doppelsalze: so können, der Natur der Sache nach, über die Gruppirung der einzelnen Bestandtheile in den zusammengesetzten Silicaten nur Wahrscheinlichkeits-Gründe beigebracht werden.

Eine chemische Formel soll auf eine einfache Weise ein Bild von der Zusammensetzung eines Fossils geben. Führt man diese oder jene Voraussetzung von der Constitution der Fossilien systematisch durch: so erhält man selbst für die mehrfach zusammengesetzten unter ihnen chemische Formeln, welche diesen Zweck erfüllen. Aber anders verhält es sich bei ihren Zersetzungen und Umwandlungen; hier fügt sich die Natur nicht unseren theoretischen Vorstellungen von der chemischen Constitution der Fossilien. So scheidet sich bei der Zersetzung des Feldspaths in Kaolin nicht blofs das kieselsaure Kali, welches man als Bestandtheil des ersteren annimmt, aus; sondern $\frac{5}{12}$ der Kieselsäure der kieselsauren Thonerde treten gleichzeitig mit aus der Mischung.

Rammelsberg *) bemerkt ganz richtig, dafs es Fälle giebt, in denen die vorhandenen Analysen entweder gar keine Anwendung der bestimmten Mischungsverhältnisse zulassen, oder doch nur zu einem complicirten und deswegen nicht wahrscheinlichen Ausdrucke führen. Der Grund davon ist natürlich nicht in der Proportionen-Lehre, sondern in mehreren Umständen zu suchen, welche der Schärfe der Resultate sich entgegensetzen, und deren Vermeidung nicht immer in unserer Gewalt steht. Diese hindernden Umstände sind: Mangel an Genauigkeit in der Analyse, die Schwierigkeit, um nicht zu sagen die Unmöglichkeit, eine im Mineralreiche gebildete Verbindung rein und frei von fremden Stoffen, die in der Masse derselben zufällig in unsichtbaren und untrennbaren Theilchen abgesetzt sind, zu erhalten. Dazu kommt, dafs beim Krystallisiren einer, aus zwei oder mehreren Verbindungen bestehenden, und gesättigten Auflösung ein Theilchen der

*) Handwörterbuch des chemischen Theils der Mineralogie. Abth. I. S. XIII.

einen Verbindung sich mit mehreren Theilchen einer anderen dicht zusammenlegt, so dafs beide gemeinschaftlich einen Krystall bilden, der in Form, Farbe, Durchsichtigkeit, specifischem Gewichte u. s. w. gänzlich abweicht, sowohl von dem Stoffe, welcher darin den gröfsten Theil ausmacht, als auch von dem Beigemengten, das oft nur einige Procente beträgt.

Von besonderer Wichtigkeit ist der Umstand, dafs wir, streng genommen, von keinem einzigen Fossile wissen, ob es sich noch in seinem ursprünglichen, oder nicht schon in einem mehr oder weniger umgewandelten Zustande befindet; denn nur dann könnten Fossilien ihren ursprünglichen Zustand bewahren, wenn sie vom Wasser und von den Atmosphärilien gänzlich abgeschlossen wären. Wo ist aber ein Gebirgsgestein, in welchem Fossilien so vergraben wären, dafs nicht Wasser und mit demselben Sauerstoff und Kohlensäure, wenn auch in noch so spärlicher Menge, Zutritt hätten? —

Die Metamorphose eines Fossils ist ein äufserst langsam von statten gehender Procefs. Die materiellen Veränderungen erfolgen ohne Zweifel so allmälig, dafs sie erst in grofsen Zeiträumen für den Chemiker wahrnehmbar werden. Analysirt er ein Fossil, in welchem solche materiellen Veränderungen, namentlich durch Aufnahme von neuen Stoffen, wenn auch in sehr geringer Menge, bereits eingetreten sind: so kann er leicht verleitet werden, diese aufgenommenen Stoffe nur für Verunreinigungen zu halten und sie in Abzug zu bringen. Er hat Recht oder Unrecht, wie man es nehmen will. Dem ursprünglichen Zustande sind diese erst im Laufe der Zeit hinzugekommenen Stoffe allerdings fremd, und defshalb sind sie abzuziehen. Allein da es zu den selteneren Fällen gehört, dafs Umwandlungen blofs durch Aufnahme von Bestandtheilen von statten gehen; sondern meist selbst dann, wenn wir in dem umgewandelten Fossile dieselben Bestandtheile, wie in dem ursprünglichen wieder finden, doch ein Theil des früheren Bestandes verloren gegangen ist: so müfste man diese verlorenen Bestandtheile eben so gut addiren, wie man jene aufgenommenen subtrahirt. Diefs ist jedoch gewifs nur sehr selten und nur dann möglich, wenn ein Fossil, in dem sich geringe Beimischungen fremder Stoffe finden, schon früher in seinem ursprünglichen Zustande analysirt worden ist.

Wir wollen einen einfachen Fall als Beispiel nehmen. Man hat genügende Gründe, den Andalusit für ein Thonerde-Silicat (dreifach-basisch kieselsaure Thonerde) zu nehmen, obgleich alle bisherigen Analysen, aufser diesen beiden Hauptbestandtheilen, noch andere, wie Kali, Kalk, Magnesia, Eisen- und Manganoxyd, Wasser, nachgewiesen haben. Unter der Voraussetzung, dafs diese Stoffe zufällige, im Laufe der Zeit hinzugekommene Bestandtheile sind, werden diejenigen Andalusite, welche die geringsten Mengen davon enthalten, ihrem ursprünglichen Zustande am nächsten stehen. Diefs ist der Fall bei den Andalusiten von *Lisenz* in *Tyrol* und von *Lancaster*, nach den Analysen von Bunsen und A. Erdmann.

Ist eine Umwandlung des Andalusits in Glimmer nicht zu bezweifeln: so mufs hierbei ein Theil der Thonerde verschwinden und Kali, Magnesia und Eisenoxyd müssen aufgenommen werden. Da man nun wirklich in den analysirten Andalusiten die eine oder andere dieser Basen, oder auch mehrere zugleich fand: so ist hieraus zu schliefsen, dafs alle diese Fossilien schon in beginnender Umwandlung begriffen waren. Der ursprüngliche, noch ganz unveränderte Andalusit ist also noch aufzufinden. So wie man nun diese fremden Basen als zufällige, nicht zur Mischung gehörige, in Abzug bringt: so müfste man eben so die bereits verschwundene Thonerde addiren, um die Analyse zu ergänzen. Die ursprüngliche Menge derselben kann man aber, streng genommen, nicht kennen; die additive Gröfse ist also unbestimmt. Letztere kann indefs, nach der Menge der hinzugekommenen Basen zu schliefsen, nicht viel, wahrscheinlich nicht viel über 1 Proc. des ganzen Fossils betragen. Hier ist es aber, wo die Lehre von den bestimmten Mischungsverhältnissen helfend einwirken kann. Die Formel nämlich, welche eine nicht geringere Menge Thonerde angiebt, als bisher durch die Analyse nachgewiesen wurde, wird die wahrscheinlichste sein. Diefs ist wirklich der Fall bei der Formel, wonach der Andalusit eine Verbindung aus 3 At. Kieselsäure und 4 At. Thonerde ist, wenn man ihre procentischen Werthe mit denen der nahe übereinstimmenden Analysen des Andalusits von *Lisenz* durch Bunsen und A. Erdmann vergleicht.

Fände man freilich ein Fossil in den Krystallformen des

Andalusits, welches gröſsere Mengen Thonerde enthielte, wie dieser, fände also unter gewissen Umständen ein umgekehrter Umwandlungsproceſs, eine Aufnahme von Thonerde, statt: so würde jener Schluſs, daſs diejenige Formel die wahrscheinlichste sei, welche nicht geringere Mengen Thonerde, als die Analyse angiebt, keine Gültigkeit haben. Auſser der Umwandlung des Andalusits in Glimmer, kennen wir aber bis jetzt keine andere, als die in Speckstein. Diese letztere Umwandlung setzt indeſs nicht bloſs ein theilweiſes, sondern ein gänzliches Verschwinden der Thonerde und dagegen eine Aufnahme von Magnesia voraus.

Aus diesen Beispielen ersieht man, welche Bedeutung die in geringen Mengen vorkommenden, so häufig für Verunreinigungen gehaltenen Bestandtheile so vieler Fossilien haben. Sie, die dem Chemiker häufig lästig fallen, weil er sie nicht in die chemische Formel des analysirten Fossils bringen kann, werden bedeutungsvoll, wenn man sie mit den Bestandtheilen derjenigen Fossilien vergleicht, welche als Pseudomorphosen jenes Fossils vorkommen. Sie erscheinen dann nicht mehr als etwas Zufälliges; sondern deuten den Uebergang in andere Fossilien an, und legen uns so das Genetische des Verwandlungsprocesses klar vor Augen.

Deſshalb ist sehr zu wünschen, daſs die Chemiker bei der Analyse von Fossilien solchen scheinbar unwesentlichen Bestandtheilen dieselbe Aufmerksamkeit, wie den wesentlichen widmen. Vergessen wir nicht, daſs die unwesentlichen Bestandtheile, bei fortschreitendem Umwandlungsprocesse, endlich zu wesentlichen werden. Die geringe Menge Eisen- und Manganoxyd in dem Andalusit von *Lisenz* wird aufhören ein unwesentlicher Bestandtheil zu sein, wenn die völlige Umwandlung in Glimmer stattgefunden hat, und umgekehrt wird der letzte Rest von Thonerde, den man etwa in einem, in Speckstein umgewandelten Andalusit findet, unbedenklich zu den unwesentlichen Bestandtheilen zu zählen sein, obgleich diese Erde ursprünglich ein wesentlicher Bestandtheil gewesen war.

Es ist nicht zu läugnen, daſs die chemische Analyse der Fossilien eine viel höhere Bedeutung gewinnt, wenn sie nicht bloſs auf die Aufstellung einer chemischen Formel, son-

dern auch auf das Genetische gerichtet ist. Die Mineralogen haben den Chemikern die so wichtige Thatsache kennen gelehrt, dafs ein Fossil in der Krystallform eines anderen erscheinen kann. Es ist die Sache der Letzteren nachzuweisen, durch welche Processe Umwandlungen oder Verdrängungen erfolgen können. Da es den Chemikern gewifs nur in den seltensten Fällen möglich werden wird, solche Umwandlungen eigentlicher Fossilien in den Laboratorien zu bewirken: so bleibt ihnen, um die verschiedenen Stadien dieses Processes in der Natur zu verfolgen, nichts anderes übrig, als durch die chemische Analyse zu ermitteln, wie die Menge der unwesentlichen Bestandtheile zu- und die der wesentlichen abnimmt, und aus der Gegenwart jener auf die Processe zu schliefsen, welche im Gange waren, als das Fossil seinem Fundorte entnommen wurde.

Der pseudomorphische Procefs kann entweder so gedacht werden, dafs jedes noch so kleine Theilchen des ursprünglichen Fossils, welches die Umwandlung erleidet, sogleich in das neue Fossil übergeht, welches wir, nach Vollendung des Processes, in der Form des ursprünglichen finden, oder die Umwandlung geht durch eine Reihe von Verbindungen hindurch, welche sich immer mehr von der Zusammensetzung des ursprünglichen Fossils entfernen und sich der letztern, dem Endpuncte des Processes, nähern. In jenem Falle würde z. B. ein kleines Theilchen Andalusit sogleich in Glimmer oder Speckstein übergehen, oder es würde von seiner Thonerde nach und nach verlieren und dagegen andere Basen aufnehmen.

Es liegt in der Natur der Sache, dafs bei den Verdrängungs-Pseudomorphosen nur der erste Fall stattfinden kann. Bei der Verdrängung des Barytspaths durch Quarz tritt an die Stelle jedes verdrängten kleinen Theilchen des ersteren ein kleines Theilchen des letzteren; hier giebt es keine Zwischenstufen. Ebenso wenig ist bei der Umwandlung einer, auch künstlich darstellbaren Verbindung in eine andere, zwischen welchen beiden die Chemie keine mittleren Verbindungen kennt, zu erwarten, dafs in der Natur allmälige Uebergänge stattfinden werden. Das Magneteisen, welches sich in Eisenoxyd umwandelt, durchläuft gewifs nicht mittlere Oxydationsstufen des Ei-

sens; sondern jedes Theilchen Magneteisen wird sogleich zu Eisenoxyd.

Die Fälle solcher plötzlichen Umwandlungen finden indeſs nicht immer statt. So ist es sehr wahrscheinlich, daſs bei der Umwandlung des Eisenkieses in Eisenvitriol nicht sogleich Schwefelsäure entsteht, sondern daſs der Schwefel seine verschiedenen Oxydationsstufen durchläuft, ehe er in die höchste übergeht.

Nicht selten mögen zwei oder mehrere Umwandlungsprocesse stattgefunden haben, ehe das letzte Product, welches wir finden, entstanden ist. So ist wahrscheinlich der in kohlensaures Bleioxyd umgewandelte Bleiglanz erst zu Bleivitriol und dann durch weitere Zersetzung zu Bleioxydcarbonat geworden. In solchen Fällen könnte der Chemiker, wenn die Pseudomorphose noch nicht vollendet ist, den Hergang des Processes wohl manchmal ergründen; denn fände sich in einem solchen Exemplar noch schwefelsaures Bleioxyd, so wäre die Umwandlung gewiſs auf jene Weise zu deuten.

Bei den Umwandlungen der mehrfach zusammengesetzten Fossilien, namentlich der Silicate mit mehreren Basen, finden gewiſs in den meisten Fällen Uebergänge, manchmal eine ganze Reihe solcher Uebergänge statt. So hält Haidinger *), wie schon Bd. I. S. 845 angedeutet worden, die Pseudomorphose des Glimmers nach Pinit für eine Fortsetzung der Umwandlung, welcher der Cordierit unterlag, aber so weit fortgeführt, daſs nun die Masse neuerdings Gestalt gewinnt, und sich zu einer wirklichen Species ordnet. Nach ihm ist der Cordierit der Anfangspunct einer ganzen Reihe von Uebergängen, welche mit dem Glimmer, als Endpunct schlieſst. Fahlunit, Chlorophyllit, Bonsdorfit (wasserhaltiger Jolith) Esmarkit, (vielleicht auch Oosit) Weissit, Praseolith, Gigantolith, Pinit betrachtet er als Reste von Cordierit im pseudomorphen Zustande.

Sofern alle zwischen dem Cordierit und dem Glimmer liegenden Fossilien nur Uebergänge bilden, so kann man sie nicht als selbstständige betrachten. Dasselbe Fossil in einer

*) Ueber den Cordierit in den Abhandlung. der k. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften. 5te Folge. Bd. IV.

solchen Umwandlungs-Reihe wird in seiner Mischung mehr oder weniger abweichen, je nachdem es in seiner Umwandlung mehr oder weniger fortgeschritten ist. So wie chemische Formeln solcher wandelbarer Körper schon an sich wenig Bedeutung haben *): so ist diefs noch mehr der Fall, wenn man sie zur Versinnlichung der Umwandlungs-Processe gebrauchen will. Gerade die geringen Quantitäten einzelner

*) Eine Unkenntnifs oder Mifsachtung der Lehre von den bestimmten Mischungsverhältnissen wird man bei mir nicht voraussetzen, da mein, 1819, erschienenes Lehrbuch der Stöchiometrie, welches der Vorläufer der hierüber seitdem in grofser Anzahl erschienenen Werke war, beweisen dürfte, dafs ich mich mit diesem Gegenstande, der die Chemie erst zur Wissenschaft erhoben hat, vertraut gemacht habe. In diesem Werke habe ich übrigens schon gezeigt, wie man in der Anwendung der stöchiometrischen Principien leicht zu weit gehen könne, wenn man sie da anwendet, wo nichts Gesetzmäfsiges zu suchen ist. Seitdem ist in dieser Beziehung sehr häufig, namentlich in der Mineralogie, gesündigt worden. Rammelsberg, welcher in seinem schätzbaren Handwörterbuche stets mit vieler Mühe und Umsicht die chemischen Formeln entwickelt hat, bemerkt beim Turmalin, dafs man sich in Betreff der theoretischen Deutung der über die Turmaline erlangten Resultate wohl aller Vermuthungen enthalten müsse, bis fernere Analysen mit möglichst vielen Varietäten angestellt werden. Sollte aber das Schwankende in diesen Resultaten, nach der Bemerkung von Blum (Oryktogn. 2te Aufl. S. 315) von einer Neigung zur Umwandlung z. B. zu Glimmer, wenigstens in manchen Fällen herrühren: so ist kaum zu erwarten, dafs durch noch so viele Analysen jener Zweck erreicht werden könnte. Diese und ähnliche Umwandlungen möchten, wenn sie nur eben begonnen haben, schon durch die chemische Analyse nachweisbar sein, ehe die oryktognostischen Kennzeichen sie ahnen lassen. Man analysirt Uebergänge, oder mit anderen Worten, Gemenge aus dem ursprünglichen und aus dem umgewandelten Turmalin. Wo aber unbestimmte Mengungsverhältnisse herrschen, kann nicht von bestimmten Mischungsverhältnissen die Rede sein. Hier können die chemischen Analysen nur für das Genetische des Umwandlungs-Processes Bedeutung haben, und die Darlegung der Resultate, ohne alle Beziehung auf die Lehre von den bestimmten Mischungsverhältnissen, führt am einfachsten zu diesem Ziele.

Bestandtheile, welche, als unwesentlich, der Chemiker in die Formel nicht aufnehmen kann, sind für diese Processe sehr wesentlich; denn sie zeigen die bereits eingetretenen Uebergänge an. Wir haben schon gesehen (Bd. I. S. 845), dafs diese Processe hauptsächlich in einer allmäligen Aufnahme von Kali bestehen. Wo wir also in dem umgewandelten Cordierit diesen Stoff, wenn auch in aufserordentlich geringer Menge finden, da ist der Wendepunct, welcher auf das Ziel der Umwandlungen deutet.

Selbst die chemischen Formeln, welche blofs die Atome der einzelnen Bestandtheile, wie sie der Chemiker gefunden hat, angeben, können zur Versinnlichung der chemischen Veränderungen nur wenig dienen, weil auch diese Formeln die in sehr geringer Menge vorkommenden Stoffe entweder ganz unberücksichtigt lassen, oder zwei oder noch mehr isomorphe zusammenfassen.

Bei allen solchen Umwandlungs-Processen gewährt die nach Procenten angegebene Analyse eines Fossils die beste Uebersicht, weil sie keinen Bestandtheil, er mag noch so wenig betragen, übergeht.

Aus der nach Procenten dargestellten Zusammensetzung der Fossilien in einer Umwandlungs-Reihe kann man indefs die absolute Zunahme und Abnahme der Bestandtheile nicht immer ersehen, weil in der gleich bleibenden Summe (hundert Theile) der absoluten Zunahme eines Bestandtheils die relative Abnahme anderer entspricht, und es daher unbestimmt bleibt, ob letztere blofs relativ oder auch absolut abgenommen haben.

In den Fällen, wo nachgewiesen werden kann, dafs sich bei einer Umwandlung irgend ein Bestandtheil weder vermindert, noch vermehrt, wird die Darstellung übersichtlich und vollständig, wenn dieser Bestandtheil in der Zusammensetzung des ursprünglichen und des veränderten Fossils als eine constante Gröfse genommen wird. Mit Bestimmtheit kann diefs indefs selten nachgewiesen werden; meist mufs man sich blofs mit Wahrscheinlichkeits-Gründen begnügen.

Nachstehende Betrachtungen zeigen, wie man in manchen Fällen, wenn mit der chemischen Analyse andere numerische Elemente verknüpft werden, ermitteln kann, ob mit

der Pseudomorphose ein Verlust oder eine Aufnahme, oder beides zugleich stattgefunden habe.

I. Ein Fossil, dessen specifisches Gewicht durch eine Umwandlung sich vermindert, mufs, wenn sich hierbei sein Volumen nicht verändert, von seiner Masse verlieren. Daher wird es, wenn es eine Pseudomorphose erleidet, einen Theil seiner Bestandtheile einbüfsen.

Es sei 1 die Masse des ursprünglichen Fossils,
s dessen specifisches Gewicht,
v dessen Volumen,
s' das specifische Gewicht des umgewandelten Fossils,
x die Bestandtheile, welche das ursprüngliche Fossil verliert:

$$\text{so ist } v = \frac{1}{s} = \frac{1 - x}{s'}$$

$$\text{folglich } x = \frac{s - s'}{s}$$

II. Nimmt aber das Fossil gleichzeitig einen oder mehrere neue Bestandtheile auf, und beträgt das Aufgenommene das mfache des umgewandelten Fossils, wo m einen ächten Bruch bezeichnet: so ist unter obigen Voraussetzungen

$$v = \frac{1}{s} = \frac{1 - x + (1 - x)\,m}{s'}$$

$$\text{folglich } x = \frac{(1 + m)\,s - s'}{(1 + m)\,s}$$

Z. B. es wandle sich ohne Veränderung des Volumens Olivin in Serpentin um, wobei letzterer 0,135 Wasser aufnimmt.

Ist 1 die Masse des Olivins,
3,37 dessen specifisches Gewicht,
2,55 das specifische Gewicht des Serpentins:

$$\text{so ist } x = \frac{(1 + 0{,}135)\;3{,}37 - 2{,}55}{(1 + 0{,}135)\;3{,}37} = 0{,}333$$

Die Masse des Serpentins ist demnach

$$= 1 - 0{,}333 + (1 - 0{,}333)\;0{,}135 = 0{,}757$$

und es ist $v = \frac{1}{3{,}37} = \frac{0{,}757}{2{,}55}$, wie vorausgesetzt worden.

Reducirt man die in Procenten gegebenen Analysen des Serpentins auf die gefundene Zahl von 0,757, und sucht man eine Analyse des Olivins, von welcher die reducirten Werthe subtrahirt werden können: so ergiebt sich die Möglichkeit einer Umwandlung des Olivins in Serpentin durch Abscheidung von Bestandtheilen und durch Aufnahme von Wasser.

Reducirt man z. B. die Bestandtheile des edlen Serpentins von *Fahlun*, der nach den ziemlich übereinstimmenden Analysen von Lychnell, M. Jordan und Marchand eine constante Zusammensetzung zu haben scheint: so findet sich, dafs sich die erhaltenen Werthe von den Bestandtheilen aller bis jetzt analysirten Olivine subtrahiren lassen. Wir wählen beispielsweise die Analyse des Olivins von der *Iserwiese* von *Walmstedt*.

	Olivin von der Iserwiese		Edler Serpentin von Fahlun.		
Kieselsäure	41,54	—	31,76	=	9,78
Magnesia	50,04	—	30,76	=	19,28
Eisenoxydul	8,66	—	1,68	=	6,98
Manganoxydul	0,25	—	0,	=	0,25
Thonerde	0,06	—	0,28	= +	0,22
Bitumen und Kohlensäure		+	2,59	= +	2,59
Wasser		+	8,84	= +	8,84
	100,55	—	75,91	=	24,64

Die letzte Zahlenreihe zeigt, in welchen Verhältnissen Kieselsäure, Magnesia, Eisenoxydul und Manganoxydul verschwanden, und Thonerde, Bitumen, Kohlensäure und Wasser aufgenommen wurden. Von den geringen Unterschieden zwischen der Thonerde im ursprünglichen und im umgewandelten Fossile, und ebenso von den zufälligen, von den Gewässern zurückgelassenen Bestandtheilen (Bitumen und Kohlensäure) können wir abstrahiren; es bleibt also nur das Wasser als wesentlich aufgenommener Bestandtheil übrig.

Weiter unten werden wir sehen, dafs mit grofser Wahrscheinlichkeit eine wirkliche Umwandlung des Olivins in Ser-

pentin anzunehmen ist. Theorie und Erfahrung stimmen also mit einander überein, und so verschieden auch die Olivine und die Serpentine zusammengesetzt sein mögen, stets erscheint es als möglich, dafs blofs durch Verlust von Bestandtheilen und durch Aufnahme von Wasser die Umwandlung erfolgen könne. Es versteht sich übrigens von selbst, dafs jene Zahlenverhältnisse nur eine approximative Darstellung gewähren können; denn findet die vorausgesetzte Bedingung, dafs bei der Umwandlung das Volumen unverändert bleibt, nicht statt: so ändern sich die Zahlenverhältnisse.

Lassen sich die reducirten Bestandtheile eines umgewandelten Fossils von den Bestandtheilen des ursprünglichen Fossils nicht abziehen: so ist es ein Beweis, dafs blofs durch Verlust von Bestandtheilen die Metamorphose nicht von statten gegangen sein könne.

Eine Umwandlung des Granats in Serpentin ist, wie wir später sehen werden, nicht zweifelhaft. Das mittlere specifische Gewicht des Granats stimmt sehr nahe mit dem des Olivins überein. Bei jener Umwandlung gingen also gleichfalls sehr nahe 0,333 von den Bestandtheilen des Granats verloren. Nun enthält aber der an Magnesia reichste Granat, der schwarze von *Arendal*, nach Trolle-Wachtmeister, nur 13,43 Procent Magnesia, mithin 17,33 Theile weniger, als der edle Serpentin von *Fahlun*, nach der obigen Reduction. Die übrigen Serpentine setzen gleichfalls eine gröfsere Menge Magnesia voraus, als der Granat liefern kann. Blofs durch Verlust an Bestandtheilen konnte daher kein Granat in Serpentin umgewandelt, sondern in allen Fällen mufste Magnesia aufgenommen werden. Die Umwandlung konnte mithin nur durch Austausch von Bestandtheilen erfolgt sein.

III. Ein Fossil, dessen specifisches Gewicht durch eine Umwandlung sich vermehrt, mufs, wenn sich hierbei sein Volumen nicht verändert, in seiner Masse zunehmen. Daher wird es, wenn es eine Pseudomorphose erleidet, neue Bestandtheile aufnehmen.

Ist wiederum 1 die Masse des ursprünglichen Fossils,

s dessen specifisches Gewicht,

v dessen Volumen,

s' das specifische Gewicht des umgewandelten Fossils,

y die Bestandtheile, welche das ursprüngliche Fossil aufnimmt:

$$\text{so ist } v = \frac{1}{s} = \frac{1 + y}{s'}$$

$$\text{folglich } y = \frac{s' - s}{s}$$

Z. B. es wandle sich Cordierit, ohne Veränderung des Volumens, in Fahlunit um.

Ist 1 die Masse des Cordierits,

2,59 dessen specifisches Gewicht,

2,79 das specifische Gewicht des Fahlunits (das Maximum):

$$\text{so ist } y = \frac{2{,}79 - 2{,}59}{2{,}59} = 0{,}0772$$

Die Masse des Fahlunits ist demnach

$= 1 + 0{,}0772 = 1{,}0772$, und es ist

$$v = \frac{1}{2{,}59} = \frac{1{,}0772}{2{,}79}, \text{ wie vorausgesetzt worden.}$$

Reducirt man die in Procenten gegebene Analyse des schwarzen Fahlunits auf die gefundene Zahl von 1,0772, und subtrahirt man diese reducirten Werthe von der Analyse des Cordierits: so ergiebt sich folgendes.

	Cordierit nach Bonsdorff		Fahlunit nach Trolle-Wachtmeister		
Kieselsäure	49,95	—	48,15	=	1,80
Thonerde	32,88	—	32,49	=	0,39
Eisenoxydul	5,00	—	4,17	=	0,83
Magnesia	10,45	—	7,29	=	3,16
Manganoxydul . . .	0,03	—	2,42	=	+ 2,39
Kali			2,14	=	+ 2,14
Kalk			1,46	=	+ 1,46
Wasser	1,75	—	10,09	=	+ 8,34
	100,06		108,21		

Die Umwandlung erfolgte daher durch Aufnahme allein nicht, sondern nur durch Austausch. Abstrahirt man von der

Thonerde und vom Eisenoxydul, welche im ursprünglichen und im umgewandelten Fossil sehr nahe gleich sind: so sieht man, dafs ein Theil der Kieselsäure und der Magnesia verloren ging und dagegen Manganoxydul, Kali, Kalk und Wasser aufgenommen wurden.

Findet sich das umgewandelte Fossil fest im Gestein eingewachsen, und letzteres weder aus einander gedrückt, noch zwischen ihm und jenem ein Zwischenraum, noch das umgebende Gestein verändert oder zerfressen: so ist mit vieler Wahrscheinlichkeit zu vermuthen, dafs sich das Volumen während der Umwandlung nicht verändert habe. Ist aber eine Veränderung des Volumens eingetreten, deren Werth jedoch nicht bestimmt werden kann: so läfst sich die Quantität der Aufnahme oder des Verlustes von Bestandtheilen nicht berechnen; höchstens kann man finden, ob Aufnahme oder Verlust, oder beides zugleich stattgefunden habe. Die Aufgabe gehört dann zu den unbestimmten, welche verschiedene Auflösungen zulassen. In solchen Fällen bleibt nichts anderes übrig, als sich auf das Factum der Umwandlung zu beschränken, ohne die quantitativen Verhältnisse berechnen zu wollen.

Kann man vermuthen, dafs das umgewandelte Fossil noch die äufseren Begrenzungen habe, ist es aber hohl oder porös: so bietet die Vergleichung des scheinbaren und des wahren Volumens des umgewandelten Fossils sichere Data zur Calculation dar. Die Aufgabe ist dann eine bestimmte.

Sollte auf das Vorstehende die Aufmerksamkeit der Mineralogen und Chemiker gelenkt werden: so könnte man hoffen, dafs solche Calculationen bald einen höheren Grad der Schärfe erreichen würden, als sie in diesem Augenblicke haben können. In obigen Beispielen wurde theils das mittlere theils das höchste specifische Gewicht der Fossilien angesetzt; das Resultat der Calculation konnte daher nur ein approximatives sein. Wird aber das specifische Gewicht eines pseudomorphosirten Fossils (das wahre, wie das scheinbare) und das des ursprünglichen Fossils, von dem man annehmen kann, dafs es das Material zur Umwandlung geliefert habe, bestimmt: so erlangt man schon einen höheren Grad von Schärfe. Wird damit die Analyse beider verknüpft, so wer-

den wir im Stande sein, die quantitativen Verhältnisse der Pseudomorphosen eben so genau, wie die der im Laboratorium unter unsern Augen von statten gehenden Umwandlungs-Processe, zu berechnen.

Selbst dann, wenn der Umwandlungs-Procefs im Mineralreiche noch nicht vollendet ist, mithin das theilweise umgewandelte Fossil entweder ein Gemeng oder eine mittlere Verbindung darstellt: so haben die specifischen Gewichts-Bestimmungen und die Analysen doch ihren Werth; denn sie zeigen den Gang, welchen die Umwandlung bisher genommen hat, und den sie noch bis zur völligen Vollendung zu nehmen hat.

Durch den vereinten Fleifs der analytischen Chemiker ist aufserordentlich viel geschehen. Je mehr sich aber die Analysen der Fossilien vervielfältigen, desto schwieriger wird die Auswahl, wenn man das Genetische irgend einer Umwandlung zu ermitteln strebt. Welche Analysen des Turmalins soll man z. B. der Calculation zum Grunde legen, wenn man die quantitativen Verhältnisse bei seiner Umwandlung in Glimmer, in Chlorit oder in Speckstein ermitteln will? In der Zusammensetzung der verschiedenen Turmaline zeigt sich eine so grofse Abweichung, dafs es bis jetzt noch nicht einmal gelungen ist, eine chemische Formel für dieselben zu finden. Die Abweichung zwischen den einzelnen Varietäten ist zum Theil eben so grofs, als zwischen je einer Varietät und den Fossilien, in welche wir den Turmalin umgewandelt finden. Glimmer, Chlorit u. s. w. zeigen wiederum bedeutende Abweichungen in ihren verschiedenen Varietäten.

Auch nicht ein einziger Anhaltepunct bietet sich dar, wenn man nicht die Varietät des ursprünglichen Fossils und des umgewandelten kennt. Die letztere kann unmittelbar durch die Analyse ermittelt werden; jene aber nur mittelbar, wenn entweder in der Nähe des umgewandelten Fossils noch das ursprüngliche, oder wenigstens das im Umwandlungs-Processe begriffene Fossil sich findet, und der Analyse unterworfen wird. Wo, was nicht selten ist, das ursprüngliche Fossil sich noch im Kerne, oder an der Oberfläche, oder an einem Ende des in der Pseudomorphose begriffenen Fossils zeigt, bietet sich zwar eine günstigere Gelegenheit zur Entscheidung dar;

allein man ist nicht sicher, ob dieser Kern noch in seiner ursprünglichen Beschaffenheit ist.

Wie wichtig die Ermittelung der quantitativen Verhältnisse bei den Umwandlungs-Processen für das Genetische der Fossilien und der Gebirgsgesteine überhaupt ist, leuchtet von selbst ein. Es ist von geringer Bedeutung, zu wissen, ob ein selten vorkommendes Fossil sich durch Aufnahme oder durch Verlust von Bestandtheilen oder durch beides zugleich umgewandelt habe; aber wichtiger, ja sehr wichtig ist die Beantwortung dieser Fragen, wenn von der Umwandlung einer mächtigen Gebirgsmasse, etwa des Eklogits in Serpentin, die Rede ist. In solchen Fällen können andere geologischen Erscheinungen, welche sich in der Nähe zeigen, die Beantwortung unterstützen. Findet sich z. B. neben dem Umwandlungs-Processe, wodurch diese oder jene Bestandtheile aufgenommen wurden, ein Verwitterungs-Procefs, der gerade diese Substanzen lieferte: so liegt die Vermuthung nahe, dafs letztere bei jenem Processe contribuirt haben. Und diese Vermuthung kann zur Gewifsheit führen, wenn nachzuweisen ist, dafs diese Substanzen durch Gewässer dem metamorphosirten Gesteine zugeführt worden sind.

Fossilien oder ganze Gebirgsmassen, welche blofs den Meteorwassern zugänglich sind, können daraus, möglicher Weise, nur Wasser und Kohlensäure aufgenommen haben. Gesteine, wie z. B. ein über das Grundgebirge hervorragender Basaltkegel, welche die höchsten Puncte irgend einer Gegend einnehmen, befinden sich in diesem Falle. Allein da wir von keinem einzigen Berge wissen, ob sein dermaliger Gipfel noch der ursprüngliche sei: so bleibt es zweifelhaft, ob das Gestein desselben nicht in früheren Perioden Gewässer empfangen hat, die aus höheren aber jetzt zerstörten Stellen des Berges herabgekommen sind.

Es giebt daher wohl nur seltene Fälle, wo auf diese Weise etwas zu ermitteln sein möchte. Der Krystall von der Form der Hornblende, vom *Wolfsberge* bei *Cernosin* in *Böhmen*, welchen Maddrell *) analysirte und der, nach Vergleichung mit den Bestandtheilen einer ganz in der Nähe unter ähnli-

*) Poggend. Annal. Bd. LXII. S. 142.

chen Verhältnissen vorkommenden Varietät einer frischen Hornblende, einen Verlust an Magnesia und Kalk zeigte, dagegen Wasser und das Eisen als Oxyd enthielt, möchte indefs durch Verlust jener Erden und durch Aufnahme von Wasser und Sauerstoff, nicht aber durch Vermehrung der andern Bestandtheile der Hornblende, wodurch eine relative Verminderung der Magnesia und des Kalks hätte herbeigeführt werden können, verändert worden sein.

Gesteine hingegen, welche die Unterlage anderer bilden, und daher, wenn dieses wasserdurchlassend sind, Gewässer erhielten, die Bestandtheile daraus aufgenommen haben, können durch Aufnahme und durch Verlust oder durch beides zugleich verändert worden sein.

Vom Verwitterungs-Processe kann man im Allgemeinen sagen, dafs er nur durch Verlust erdiger Bestandtheile erfolgt; die Umwandlungs-Processe können aber durch Verlust oder durch Aufnahme, oder durch Austausch statt haben.

Wie die Versteinerungen bedeutende, ja in vielen Fällen unentbehrliche Hülfsmittel sind, die sedimentären Formationen zu erkennen: so sind auch die Pseudomorphosen wichtige und häufig die einzigen Mittel, die Umwandlungs- und Verdrängungs-Processe, welche im Mineralreiche in grofsem Maafsstabe von statten gegangen sind und noch von statten gehen, zu erforschen. Nimmt man die Pseudomorphosen blofs als Mittel für diesen Zweck, so haben wir uns eben so wenig um die Bedingungen ihrer Bildung zu bekümmern, als es bei der Bestimmung der sedimentären Formationen, mittelst der darin vorkommenden Versteinerungen zu wissen nöthig ist, auf welche Weise organische Körper petrificirt werden. In einer chemischen Geologie können wir aber die Pseudomorphosen nicht blofs als etwas Gegebenes betrachten; sondern wir haben den Processen selbst, wodurch sie erfolgt sind, nachzuforschen. Daher wurde im vorigen Kapitel das Genetische so weit verfolgt, als es der dermalige Stand der Wissenschaft erlaubte.

Die Pseudomorphosen geben uns Mittel an die Hand, Erfahrungen zu machen, die wir aufserdem zu machen, keine

Gelegenheit haben. Es wird z. B. schwerlich je gelingen, in unsern Laboratorien Augit, Olivin, Hornblende oder Glimmer u. s. w. in Serpentin umzuwandeln. Finden wir aber Serpentin in Formen dieser Fossilien, so ist damit der Beweis geliefert, dafs eine solche Umwandlung stattfinden könne. Sprechen in einem gegebenen Falle geognostische Gründe dafür, dafs das eine oder andere jener Fossilien, oder auch mehrere im Gemenge mit einander das Material zur Bildung des Serpentins geliefert haben: so ist ein hoher Grad von Wahrscheinlichkeit vorhanden, dafs eine solche Umwandlung wirklich stattgefunden habe (S. 6.).

Wir glauben, dafs Geologen von allen Farben gegen diese Schlüsse keine Einwendungen machen werden, wenn sie sich auch die Processe selbst auf verschiedene Art denken mögen.

Die Bildung der Pseudomorphosen scheint, wie wir gesehen haben, von einer Umhüllung des ursprünglichen Krystalls oder von irgend einem zufälligen Umstande abzuhängen. Die Zahl der Fälle, wo die ursprüngliche Krystallgestalt verloren geht, und der umgewandelte Körper in seiner ihm eigenen Gestalt erscheint, ist gar nicht unbedeutend, und sie würde wohl noch bedeutender sein, wenn nicht nach vollendeter Umwandlung die Kennzeichen, dafs dieses oder jenes Fossil das Material geliefert habe, fehlten. Man kann daher nicht vermuthen, dafs die Fähigkeit eines Fossils, in ein anderes umgewandelt zu werden, in einer nothwendigen Beziehung zur Erhaltung der Krystallform steht.

Finden wir z. B. Serpentin nicht in Formen von Augit oder Olivin, Hornblende, Glimmer u. s. w., sondern in formlosen Massen: so haben wir keinen Grund, defshalb zu schliefsen, dafs er kein Umwandlungsproduct aus diesen Fossilien sein könne; denn die Umwandlung kann unter Umständen erfolgt sein, wobei die ursprüngliche Krystallgestalt verloren gegangen ist.

Niemand wird bezweifeln, dafs, wenn ein krystallisirtes Fossil unter gewissen Umständen in ein anderes umgewandelt werden kann, sei es mit oder ohne Beibehaltung der Krystallform, dieses Fossil im amorphen Zustande, unter den nämlichen Umständen, dieselbe Umwandlung erleiden werde.

(S. 5.) Im ganzen Gebiete der Chemie ist wenigstens kein Fall bekannt, dafs sich ein Körper im amorphen Zustande in irgend einem Zersetzungsprocesse anders verhält, als im krystallisirten. Ob wir chemisch präcipitirten kohlensauren Kalk oder Kalkspath durch Schwefelsäure zersetzen, ist einerlei: stets erhalten wir schwefelsauren Kalk im krystallisirten Zustande.

Wir schliefsen daher, dafs Augit oder Olivin u. s. w., seien sie krystallisirt oder amorph oder im feinsten Pulver, in Serpentin umgewandelt werden können, wenn sie nur den dazu nöthigen Bedingungen ausgesetzt sind. Da der Serpentin keine selbstständige Krystallform hat, so kann er natürlich nur formlos erscheinen, wenn das Material, woraus er sich gebildet hat, formlos war.

Ein Fossil dagegen, welches nur im krystallisirten Zustande erscheint, wird sich, wenn es durch Umwandlung einer formlosen Masse entsteht, in seiner ihm eigenthümlichen Krystallgestalt bilden. Es dürfte daher nicht zu bezweifeln sein, dafs sich z. B. zu Pulver zerriebene Cordierite, Turmaline u. s. w. unter den erforderlichen Umständen in Glimmer in dessen eigenthümlichen Krystallformen umwandeln können, wenn wir letzteren in Pseudomorphosen nach diesen Fossilien finden. Darauf sind wir schon Bd. I. S. 850 geführt worden.

Die Pseudomorphosen des Glimmers in Formen dieser Fossilien zeigen, dafs dieselben unter gewissen Umständen in Glimmer umgewandelt werden können. Kann unter gewissen Bedingungen die ursprüngliche Krystallform erhalten werden, so kann sie unter anderen verloren gehen. An der Möglichkeit ist daher nicht zu zweifeln, dafs bei der Umwandlung eines Cordieritkrystalls in Glimmer die ursprüngliche Krystallgestalt unter gewissen Bedingungen verloren gehen könne. In diesem Falle wird der Glimmer in seiner eigenen Krystallform auftreten. Selbst aber wenn der durch Umwandlung aus irgend einem krystallisirten Fossile entstehende Glimmer nur in erborgter Gestalt erscheinen könnte: so würde doch Niemand daraus folgern, dafs der aus amorphen Fossilien gebildete Glimmer auch amorph erscheinen müsse. Da gewifs nicht zu zweifeln ist, dafs ein formloser, wie ein krystallinischer Körper unter gleichen Umständen gleiche Umwandlungen erlei-

den werden: so kommen wir wieder zu dem Schlusse, dafs der aus einer formlosen Masse entstandene Glimmer in seiner eigenen Krystallgestalt erscheinen werde.

Einer meiner geologischen Freunde hat gegen die Möglichkeit einer Bildung der Glimmerblättchen in den sedimentären Formationen, z. B. im bunten Sandsteine, die Einwendung gemacht, dafs nicht zu begreifen wäre, wie aus vorhandenen Fossilien, etwa aus Bruchstücken von Feldspath, dünne Blättchen, mithin Körper entstehen können, die in Beziehung auf ihre Extensionen (grofse Länge und Breite und sehr geringe Dicke) so sehr verschieden von jenen sind.

Dagegen ist im Allgemeinen zu erinnern, dafs die chemische Mischung die Form bedingt und schafft. So wie von chemischer Seite der Möglichkeit irgend einer Umwandlung nichts entgegen steht, so braucht man wegen der Form nicht in Verlegenheit zu sein. Ob verdünnte Schwefelsäure auf kohlensauren Kalk in derben amorphen Stücken, oder in Pulverform, oder in ausgebildeten Krystallen oder zu einer Auflösung eines Kalksalzes gegossen wird, stets bilden sich nadelförmige Gypskrystalle. Derselbe Gyps bildet sich in mancherlei Modificationen, wenn der an der Luft sich säurende Schwefelwasserstoff Tuffmassen zersetzt und ihren Kalk extrahirt (S. 169). Diese Wirkungen gehen sogar so weit, dafs schichtweise Absonderungen zwischen Gypstafeln und Tuffplatten erfolgen, wie das Profil auf S. 174 auf eine merkwürdige Weise zeigt. Können unsere Gegner, wenn sie nur für einen Augenblick die Möglichkeit einräumen, dafs sich gegebene Massen durch Gewässer theilweise ebenso in Glimmer, wie auf *Lipari* die Tuffmassen durch Dämpfe theilweise in Gyps umwandeln, gegen die Möglichkeit, dafs sich gleichfalls schichtweise Absonderungen zwischen Glimmer und den Resten der zersetzten Massen bilden können, etwas erinnern? —

Covelli *) fand in den Fumarolen des *Vesuv's* sublimirte reine Chlorbleikrystalle, die an heifsen Stellen zu Blättchen, Stalactiten oder formlosen Massen zusammenschmolzen. Schwefelwasserstoff, aus dem Innern hervorströmend, verwandelte das Chlorblei in Schwefelblei, welches er in Schüpp-

*) Poggend. Annal. Bd. X. S. 495.

chen auf den Schlacken fand. In andern Fumarolen entstand durch die Einwirkung der Wasserdämpfe auf Chlorkupfer, bei der Rothglühehitze, schwarzes Kupferoxyd, in sehr dünnen geschmeidigen, stark und metallisch glänzenden Blättchen.

Es ist aber gewifs ganz einerlei, ob durch Schwefelwasserstoff und durch Wasserdampf in erhöhter Temperatur, oder ob durch Gewässer, welche Stoffe aufgelöst enthalten, Umwandlungen bewirkt werden. Ist es die Natur eines Körpers, in Blättchen aufzutreten, so wird er darin erscheinen, gleichviel, ob das Material, aus dem er sich bildet, in Brocken oder gleichfalls in Blättchen gegeben ist. Können überhaupt Form-Veränderungen bei chemischen Umwandlungen befremden, ohne dafs hierbei der ursprüngliche Körper in den flüssigen Zustand übergeht? — Auf dem Bruche von Kupfer oder Bronze, wie z. B. in ägyptischen Gefäfsen, welche lange Zeit den Einwirkungen der Atmosphäre ausgesetzt waren, hat man eine Menge kleiner Drusenräume und deutliche Krystalle von Rothkupfererz, in welches die ganze Masse verwandelt war, gefunden. Hier ist nicht entfernt an einen flüssigen Zustand zu denken, sondern das starre Kupfer krystallisirte blofs in Folge seiner Umwandlung in Kupferoxydul durch Aufnahme atmosphärischen Sauerstoffs.

Fein zerriebenes, also formloses Eisenoxyd wurde, nach Berzelius Verfahren (S. 198), durch Schwefelwasserstoffgas in Eisenkies umgewandelt. Die in dem noch nicht umgewandelten Pulver zerstreut liegenden Eisenkies-Partikelchen wurden unter dem Mikroskope bei 70 bis 600maliger linearer Vergröfserung betrachtet. Es zeigten sich zwar an diesen Partikelchen rechte Winkel, auf Würfel deutend; es war aber nicht zu entscheiden, ob es nicht ebene Bruchflächen dünner plattenförmiger Massen waren. Bei der stärksten Vergröfserung waren auch einige haarförmige Stacheln zu bemerken, welche in unbestimmten Richtungen aus den Partikelchen heraustraten.

Kann man aus diesen Versuchen auch nicht mit Bestimmtheit schliefsen, dafs sich aus formlosem Eisenoxyd Eisenkies in seinen ihm eigenen Krystallgestalten gebildet hat, während, nach Berzelius, krystallisirte Körper bei dieser Umwandlung Pseudomorphen geben: so ist doch wohl nicht zu zweifeln,

dafs, wenn auf jenem Wege erkennbare Krystalle gebildet werden können, sie gewifs den Formen des Eisenkieses entsprechen werden.

Welche Bedeutung die pseudomorphischen Processe haben, und wie sehr diejenigen im Unrechte sind, welche sie für unbedeutende, auf die Veränderung der Gebirgsgesteine wenig Einflufs habende Erscheinungen betrachten, zeigten die im vorigen Kapitel angeführten Erscheinungen: das gänzliche Verschwinden früher vorhanden gewesener Gangarten in den Erzgängen (S. 223). Wir meinen, es sei doch wohl eine Sache von Bedeutung, wenn aus einem mächtigen Gangzuge aller Flufs- und Kalkspath fortgeführt, und wenn dagegen eine gleiche Menge Quarz zugeführt wird. Und woher wissen wir, dafs diefs wirklich geschehen ist? — Weil wir den Quarz in Formen von Flufsspath und Kalkspath finden. Ist aus dieser Verdrängung nicht zu schliefsen, dafs im Mineralreiche noch bei weitem grofsartigere Verdrängungen stattgefunden haben können, wenn die Processe noch länger angehalten haben? — Auf welche Zeiträume kommen wir, wenn wir in's Auge fassen die Periode, in welcher die Gewässer den Flufs- und Kalkspath in jene Gangspalten geführt haben, und dann die Periode, in der diese Fossilien wieder durch Gewässer fortgeführt und an ihre Stelle quarzige Bildungen abgesetzt worden sind? — Und alles dieses geschah doch erst, nachdem das Grundgebirge, in welchem jene Gangzüge sich finden, schon gebildet worden war? Wenn wir uns ähnliche Vorgänge in dem Grundgebirge denken, die nicht blofs die Zeiträume jener beiden Perioden, sondern den ganzen Zeitraum seit seiner Bildung umfassen, zu welchen Metamorphosen vom grofsartigsten Umfange werden wir dann geführt? — In der Zeit, in welcher ein einziger Flufsspathkrystall vom Quarze verdrängt wird, können neben und um ihn Millionen solcher Krystalle verdrängt werden, wenn sie sich unter denselben Bedingungen, wie jener befinden.

Würdigt man Erscheinungen, wie sie Breithaupt anführt, ist es nicht im mindesten zu bezweifeln, dafs sie an unzähligen Puncten wiederkehren, überzeugt man sich, dafs sie einzig und allein die Wirkungen von Gewässern sind: so kann man nicht überrascht werden, wenn man dieselben Wir-

kungen in Metamorphosen wieder findet, welche grofse Gebirgsmassen betroffen haben. Nach solchen Betrachtungen können Umwandlungen solcher Massen in Speckstein, Talk, Serpentin, Kaolin u. s. w., welche wir schon früher als Folgen solcher Wirkungen bezeichnet haben (Bd. I. S. 789 ff. S. 820 und S. 953) nicht im mindesten befremden. Leop. v. Buchs Ansichten *) von der Umwandlung des Kalksteins in Dolomit erlangen dann gleichfalls ihre richtige Deutung; denn sie sind aus ähnlichen Betrachtungen hervorgegangen, aber zu einer Zeit in's Leben getreten, wo man den plutonischen Wirkungen einen zu grofsen Umfang zugeschrieben hat. Setzen wir statt des plutonischen Wegs den nassen: so verschwinden alle Widersprüche, welche man von chemischer Seite gegen jene Ansichten erhoben hat. Die Hauptsache, dafs die Magnesia in einer Beziehung zu den Augitporphyren stehe, d. h. das Resultat ihrer theilweisen Zersetzung sei, (Bd. I. S. 796) bleibt stehen, und die Ehre, zuerst die Idee eines grofsartigen Umwandlungsprocesses ausgesprochen zu haben, wird unserm grofsen Geognosten nie abgesprochen werden.

Im vorigen Kapitel haben wir bereits einer eigenthümlichen Art der Isomorphie gedacht, auf welche Scheerer geführt worden und die er polymere genannt hat. Einige Bemerkungen von Rammelsberg **) hierüber veranlassen uns, diesen Gegenstand in diesem Kapitel nochmals aufzunehmen.

Schon früher hat Naumann ***) Scheerer's Theorie einigen Betrachtungen unterworfen. Er bezweifelt zunächst, dafs alle Serpentine auf eine gleiche Art zu betrachten seien, wie der in der Form des Olivins vorkommende von *Snarum*, welcher für Scheerer's Ansicht eine Hauptstütze bildet. Die

*) Annal. de chim. et de phys. T. XXII. p. 396.

**) In dem seitdem erschienenen dritten Supplement zum Handwörderbuche. Berlin 1847. S. 2 ff.

***) Journ. für pract. Chem. Bd. XXXIX. S. 196. und Bd. XL. S. 1.

Theorie der polymeren Isomorphie fordert von den Körpern zwei Bedingungen: 1) möglichst grofse Genauigkeit der quantitativen Verhältnisse, und 2) hinreichende Uebereinstimmung der Krystallformen.

Die Fähigkeit des Wassers und der Magnesia, sich in ihren Verbindungen gegenseitig isomorph zu vertreten, würde eine grofse Aehnlichkeit ihrer beiderseitigen Krystallformen voraussetzen. So weit man aber bis jetzt beide Substanzen im krystallisirten Zustande kennen gelernt hat, ist diefs nicht der Fall. Man könnte zwar die Möglichkeit des Dimorphismus für beide Substanzen in Anspruch nehmen, würde aber damit den Grund und Boden der Erfahrung verlassen und eine neue Hypothese einführen. Doch es ist ja nicht Isomorphismus mit Magnesia schlechthin, sondern polymerer Isomorphismus, welcher für die Substanz Wasser geltend gemacht wird; also die Fähigkeit derselben, zu je 3 Atomen ausgebildet, mit 1 Atom Magnesia isomorph zu sein *). Da nun die Mehrzahl der Chemiker in den Aequivalentenzahlen die relativen Gewichte wirklicher Atome erkennt, und da man über die gegenseitige Lagerung und Umlagerung dieser Atome schon mancherlei Gesetze gefunden zu haben glaubt: so würde man vielleicht keinen Anstand nehmen, ein neues derartiges Gesetz darin zu vermuthen, dafs sich je drei Atome Wasser unter gewissen Umständen zu einem zusammengesetzten Atom von tesseraler Krystallform vereinigen können. Es bedarf jedoch kaum der Bemerkung, dafs ein solcher Schematismus zur Versinnlichung der Idee benutzt werden kann, dafs ihm aber zur Begründung derselben jede Beweiskraft mangelt. Wenn also die bis jetzt bekannten Krystallformen der Magnesia und des Eises keinen morphologischen Beweis für die Theorie des polymeren Isomorphismus liefern: so wird man um so eifriger bemüht sein müssen, dergleichen Beweise in den Krystallformen gewisser Verbindungen auf-

*) Es wird hiermit eigentlich die Vorstellung eingeführt, dafs das Wasser aufser seinem gewöhnlichen Zustande noch eines zweiten polymeren Zustandes fähig sei, in welchem es sich zu jenem ungefähr verhalten würde, wie die Metaphosphorsäure zur gewöhnlichen Phosphorsäure.

zusuchen, in welchen Magnesia und Wasser als wesentliche Bestandtheile auftreten.

Naumann erinnert an die, Bd. II. S. 263 angeführte, Reihe von Fossilien, welche Pseudomorphosen von Cordierit sind, und die oft noch, gleich dem Aspasiolith, einen Kern von demselben einschliefsen. Er kommt, wie Blum und wir (Bd. II. S. 254) zu demselben wahrscheinlichen Schlusse, dafs der Aspasiolith aus dem Cordierit entstanden sei, indem Magnesia fortgeführt und Wasser aufgenommen wurde.

Endlich erörterte Naumann mit Hülfe einiger Formeln die Bedingungen, unter welchen die gewöhnliche Formel eines Silicats in die von Scheerer umgewandelt werden kann, und zeigte durch Beispiele, dafs manche Silicate diese Bedingungen mit hinreichender Schärfe erfüllen, andere dagegen nicht.

Haidinger *) betrachtet ebenfalls den Aspasiolith als Pseudomorphose des Cordierits. Er erinnert an das Gewagte, aus gleichen Formeln nicht deutlich oder gar nicht krystallisirter Körper Schlüsse auf ihre Isomorphie ziehen zu wollen. Der letztere Fall findet aber gerade bei dem Aspasiolith statt. Derselbe zeigt sich, als Ueberzug des Cordierits, völlig amorph, oder es entwickeln sich wohl gar aus ihm Glimmerindividuen, die in andern abweichenden Krystallrichtungen liegen. Aufserdem bemerkt er, dafs im Aspasiolith 1,38 Proc. Eisenoxydul mehr, als im Cordierit enthalten, dagegen die 1,12 Proc. Kalk in diesem aus jenem verschwunden sind, worauf und auch auf die im Cordierit enthaltenen 1,02 Proc. Wasser Scheerer aber keine Rücksicht nahm. Dafs der Aspasiolith durchaus gleichförmig dicht und wie ursprünglich gebildet erscheint, beweist, dafs die Pseudomorphose mit grofser Langsamkeit vor sich gegangen ist.

Die ganze Umwandlung des Cordierits in Aspasiolith reducirt sich demnach auf den einfachen Vorgang, dafs Gewässer dem ersteren die Magnesia theilweise und den Kalk ganz entziehen, während sie dagegen Eisenoxydul absetzen und, wie bei weitem bei den meisten Umwandlungsprocessen, Wasser zurücklassen (Bd. II. S. 225).

*) Poggend. Annal. Bd. LXXI. S. 266.

Gestützt auf alles dieses hält auch Rammelsberg die Theorie der polymeren Isomorphie in ihren Grundlagen sehr wenig durch factische Beweise unterstützt. Wasser und Magnesia für sich sind nicht isomorph. Diesen Umstand aber aus einer Dimorphie beider erklären zu wollen, hiefse eine Hypothese zur Stütze einer andern machen. Auch in den Verbindungen treten Beweise nicht mit hinreichender Evidenz hervor; denn welche, ihrer Krystallform nach genau bekannte Magnesia-Verbindung ist mit einer eben solchen wasserhaltigen vergleichbar? — Alle Silicate insbesondere, auf die Scheerer seine Theorie anwendet, sind theils nicht durch ihre Form gerade ausgezeichnet, theils gar nicht krystallisirt bekannt; nur bei einigen hat er eine Abhängigkeit der gegenseitigen Grundformen als möglich angegeben. Der Aspasiolith ist unbezweifelt aus dem Cordierit entstanden (ohne dafs sein Ansehen gerade eine „Verwitterung" andeuten müfste) wie der Fahlunit und die ganze Reihe der oben (S. 263) benannten Fossilien. Wir stimmen völlig mit Rammelsberg überein, dafs dieser Grundstein der Hypothese Scheerer's gewifs nicht entscheiden kann.

Haidinger kommt in seiner Abhandlung wiederum auf seine schon oben (S. 219) berührte Hypothese, aus Veränderungen in der geognostischen Stellung der Gesteine die Pseudomorphosen zu erklären. Während der Bildung der Cordierite soll das Gestein in der Tiefe gewesen sein, um nach und nach im Verlaufe der allmäligen Krystallisation der, dasselbe bildenden Gemengtheile alles Wasser auszuscheiden. Bei der nachfolgenden Veränderung soll in einer höheren Lage wieder Wasser in das Gestein hineingeprefst und vorzugsweise vom Cordierit aufgenommen worden sein, der dadurch seine Selbstständigkeit verloren habe.

Haidinger ist ein zu trefflicher und vorurtheilsfreier Forscher, als dafs er sich nicht bald selbst von dem Unhaltbaren dieser Hypothese überzeugen sollte, und um so mehr, da, wie wir im vorigen Kapitel dargethan zu haben glauben, ein solches Hinauf- und Hinabwogen der Gesteine zur Erklärung der Pseudomorphosen keineswegs nöthig ist. Die pseudomorphischen Processe sind gewifs ganz ruhig an denselben Stellen von statten gegangen und gehen noch von

statten. Mit ihm stimmen wir aber überein, dafs die „Cordierit-Periode" stets einen lehrreichen Vergleichungspunct in der Geschichte der Granite und anderer krystallinischer Gesteine bilden werde, während die der vollendeten Bildung des Pinits am weitesten davon entfernt ist. Als der Cordierit sich in Krystallen ausgeschieden hat, war wohl, fügt er hinzu, die Grundmasse häufig noch kein Granit, wenigstens nicht von der Beschaffenheit, in welcher er sich jetzt befindet, wo aus Cordierit Pinit geworden ist.

Wie sehr nahe Haidinger der einfachen Erklärung der pseudomorphischen Processe ist, zeigt folgende Stelle in seiner interessanten Abhandlung. „So wie die Bildung der Pseudomorphosen, so beruht auch die Veränderung der Gesteine selbst auf immerwährendem Kreislaufe der Materie. Wir können unbedingt behaupten, dafs jedes Handstück, das wir in unsere Sammlungen bringen, eine lange Geschichte der Bildung beurkundet. Sind ja doch die nachweisbar ursprünglichen Anfänge, geschmolzen oder erkaltet, oder aus Wasser abgesetzt, oder ursprünglich den organischen Reichen angehörig, ungemessene Zeiträume hindurch frei der Einwirkung chemischer und mechanischer Kräfte Preifs gegeben, der gegenseitigen Ausgleichung der durch Zufall zunächst an einander gebrachten Stoffe, und den Strömen, welche veränderte Lagen in Temperatur und Druck bedingen.".

Man sieht, dafs Haidinger aus dem Allgemeinen blofs in das Besondere überzugehen, und mit „den Strömen" das zu verknüpfen braucht, was so nahe liegt, d. h. ein wirkliches Strömen von Wasser, freilich nicht strom-, sondern tropfenweise durch die Gesteine, und seine und unsere Ansichten werden sich mit einander einigen.

Dritter Abschnitt.

Mineralogisch einfache Fossilien, welche die Gebirgsgesteine zusammensetzen.

Der Oryktognost betrachtet die sogenannten mineralogisch einfachen Fossilien, der Geognost die Gebirgsarten, aus deren Gemengtheilen diese Fossilien gebildet sind. In einer chemischen Geologie geht die Betrachtung am zweckmäfsigsten von jenen Fossilien aus, welche für diese Wissenschaft fast dasselbe sind, was die elementaren Stoffe für die Chemie. Es ist nur der Unterschied, dafs die Chemie stets im Gebiete der gemischten Körper bleibt, während die Geologie sich gröfsten Theils mit gemengten Körpern befafst. Schlagen wir, wie in der Chemie, den synthetischen Weg ein: so ist dieser demjenigen, welchen die Natur eingeschlagen hat, ganz entgegengesetzt; denn das Zusammengesetzte war, wie unsere früheren Betrachtungen gezeigt haben, früher vorhanden, als das Einfache (Bd. II. S. 6).

Streng genommen erstreckt sich die chemische Kenntnifs der Gebirgsgesteine nicht weiter, als die oryktognostische. Der Quarz, Feldspath und Glimmer ist, jeder für sich, der Gegenstand der chemischen Betrachtung, nicht aber das Gemeng aus diesen Fossilien, der Granit. Gleichwohl ist das chemische Verhalten der gemengten Gesteine auch bei gleichen Gemengtheilen verschieden, je nach Verschiedenheit der Gröfse derselben. Ein grobkörniger Granit, der dem Eindringen der Gewässer mehr ausgesetzt ist, als ein feinkörniger, wird leichter als dieser zersetzt. Daher concurriren die chemischen Verhältnisse der gemengten Gesteine immer noch bis zu einem gewissen Puncte.

Wo die Gemengtheile eines Gesteins nicht mehr gesondert werden können, wo nicht einmal ihre oryktognostische Bestimmung mehr möglich, oder doch nur äufserst schwierig ist, da ist die chemische Analyse des gemengten Gesteins ein Hülfsmittel zur Kenntnifs seiner Gemengtheile.

Sind die massigen krystallinischen Gesteine aus homogenen feuerflüssigen Massen durch langsame Abkühlung und Erstarrung entstanden: so führt die Analyse dieser Gesteine, als ein Ganzes betrachtet, zur Kenntnifs der Bestandtheile dieser Massen. Indefs dürfen wir nicht übersehen, dafs kaum ein krystallinisches Gestein noch seine ursprüngliche Beschaffenheit bewahrt; denn im Laufe der Zeit hat es sich durch Zersetzungen, durch Zu- und Wegführen von Bestandtheilen mehr oder weniger verändert.

So wie die Natur durch Sonderung mit Hülfe der Krystallisation gemengte Gesteine hervorgerufen hat: so hat sie auf der andern Seite durch Zusammenhäufung der Ueberbleibsel zerstörter Gesteine gleichfalls gemengte Gesteine, die sedimentären, producirt. Was von jenen, gleichsam auf analytischem Wege entstandenen, krystallinisch gemengten Gesteinen gilt, hat auch Bezug auf die, auf synthetischem Wege gebildeten, sedimentären gemengten Gesteine. Je feinkörniger diese sind, je weniger daher die oryktognostische Bestimmung der Gemengtheile Platz greifen kann, desto mehr mufs hierüber die chemische Analyse entscheiden.

Die vorstehenden Bemerkungen zeigen, wie weit die chemische Geologie die Betrachtung der gemengten Gesteine, krystallinische wie sedimentäre, zu verfolgen hat.

So wie die Oryktognosie die Basis für die Geognosie ist: so ist auch die Kenntnifs der mineralogisch einfachen Fossilien die Basis für die chemische Geologie. So wie die Geognosie, so setzt auch die chemische Geologie die Kenntnifs dieser Fossilien voraus. Es kann daher nicht in unserem Plane liegen, in diesen Blättern die mineralogischen Eigenschaften der Fossilien abzuhandeln. Um aber das Genetische begreifen zu lernen, müssen wir alle Verhältnisse verfolgen, welche darauf Licht zu werfen versprechen.

Die wichtigsten dieser Verhältnisse sind unstreitig die Umwandlungs- und Zersetzungsprocesse, welche in den Fos-

silien von statten gehen. Sie sind es, die uns zeigen, wie ein Fossil das Material für ein anderes liefern, wie das Eine aus dem Andern hervorgehen kann. Hier ist es, wo die Kenntnifs der Pseudomorphosen helfend und fördernd eingreift; denn da, wo die Chemie uns verläfst, führt die beibehaltene Krystallform auf den rechten Weg.

Nächst diesem leitet uns das Vorkommen der Fossilien mit Sicherheit auf die Entstehungsart. Finden wir krystallisirte Fossilien in ihrer ursprünglichen Form in sedimentären Gesteinen, sind es nicht Bruchstücke oder Krystalle, welche ihre Ecken und Kanten schon mehr oder weniger eingebüfst haben: so ist wohl nicht zu bezweifeln, dafs sie wie die Grundmasse, in der sie sich finden, auf wässrigem Wege entstanden sind. Jeder Zweifel an einer solchen Entstehungsart verschwindet, wenn nachgewiesen werden kann, dafs das sedimentäre Gestein nicht nach seiner Bildung der Wirkung einer höhern Temperatur ausgesetzt gewesen ist. Ein solcher Nachweis ist aber zu führen, wenn das sedimentäre Gestein Fossilien oder Substanzen enthält, welche durch Hitze verflüchtigt oder zerstört worden wären.

So wie die Geognosten aus den Lagerungsverhältnissen der sedimentären Gesteine auf ihr relatives Alter schliefsen: so schliefsen auch wir, dafs ein Fossil *B*, welches etwa in einem Drusenraume auf einem andern Fossile *A* sitzt, später als dieses entstanden sein mufs. So wie jene die Massen in den Gängen für spätere Bildungen, als das Nebengestein, so müssen auch wir die Ausfüllungsmassen in den feinsten Rissen der Fossilien für spätere Bildungen, als diese halten.

Wir gehen aber in unsern Schlüssen noch weiter. Finden wir in der Masse eines dichten Gesteins, nicht in seinen Höhlenräumen, Fossilien oder Substanzen, die sich in der Hitze verflüchtigen, oder durch sie zerstört, oder in Berührung mit dem Gesteine zersetzt werden, ist es wegen seiner dichten Beschaffenheit nicht wahrscheinlich, dafs solche Fossilien oder Substanzen erst später durch Gewässer eingeführt worden sind: so schliefsen wir, dafs dieses Gestein mit seinen Einschlüssen nicht auf feuerflüssigem Wege entstanden sein könne. Ist z. B. körniger Kalk, dem die neuere Geognosie so gern einen

vulkanischen oder plutonischen Ursprung zuzuschreiben geneigt ist, von Kohle durchdrungen und dadurch grau gefärbt: so ist es wenigstens nicht möglich, dafs diese Kohle gleichzeitig mit dem kohlensauren Kalke auf feuerflüssigem Wege entstanden, oder aus einer vulkanischen Metamorphose hervorgegangen sein könne; denn Kohle und kohlensaurer Kalk können in der Glühehitze nicht neben einander existiren, ohne dafs jene diesen zersetzt und als Kohlenoxydgas entweicht. Ist aus der dichten Beschaffenheit des körnigen Kalks und aus seinem unzerklüfteten Zustande zu schliefsen, dafs Gewässer, nach der Bildung desselben, nicht in seine Masse eingedrungen sein und kohlehaltige Substanzen abgesetzt haben können: so ist damit der Beweis gegen die plutonische Entstehung oder Metamorphose geführt.

Finden wir in Höhlenräumen eines Gesteins, dessen Entstehung auf feuerflüssigem Wege nicht im mindesten zweifelhaft sein kann, Fossilien, welche in der Glühehitze zersetzt werden: so schliefsen wir nicht blofs, dafs dieselben von späterer Entstehung, als das Gestein selbst, sondern dafs sie zu einer Zeit entstanden sind, wo das Gestein schon abgekühlt und erstarrt war. Da wir aufser den feuerflüssigen Bildungen keine anderen, als die wässerigflüssigen kennen (denn selbst da, wo Bildungen oder Zersetzungen durch Dämpfe erfolgen, ist stets Wasser mit im Spiele): so können wir nur schliefsen, dafs jene Fossilien in den Höhlenräumen des auf feuerflüssigem Wege entstandenen Gesteins auf nassem Wege gebildet worden sind.

Mit völliger Entschiedenheit wissen wir es nur von den vulkanischen Gesteinen, d. h. von denjenigen, welche entweder vor unsern Augen aus den Kratern der Vulkane geflossen, oder geworfen sind, oder welche, nach ihrem Vorkommen in der Nähe von noch thätigen oder von erloschenen Vulkanen, nur auf diesen Ursprung schliefsen lassen, dafs sie feuerflüssiger Entstehung sind. Aber die grofse Aehnlichkeit anderer Gesteine mit denen, in der Nähe von Vulkanen führt zur sicheren oder wenigstens höchst wahrscheinlichen Vermuthung einer gleichen Entstehung. Finden wir etwa in dem Höhlenraume einer Lava vom *Vesuv* ein Fossil, welches in der Hitze zersetzt wird, z. B. einen Harmotom, der Hydratwasser

enthält: so müssen wir annehmen, dafs dieses Fossil nach dem Erstarren und Erkalten der Lava, folglich auf nassem Wege enstanden ist.

Sitzt auf diesem Harmotom ein anderes Fossil, von welchem der Ursprung in seinen übrigen Fundorten ungewifs ist: so kann in diesem Falle sein Ursprung nicht zweifelhaft sein. Denn dieses Fossil, offenbar von späterer Entstehung, als der Harmotom, kann unmöglich auf feuerflüssigem, sondern nur auf demselben Wege, wie dieser, entstanden sein. Finden wir z. B. Magneteisen auf Harmotom, wie diefs wirklich in vesuvischen Laven der Fall ist: so kann dieses Magneteisen unmöglich auf feuerflüssigem Wege entstanden sein.

Treffen wir endlich zwei Fossilien im Gemenge mit einander an, welche oder deren Bestandtheile sich mit einander in der Glühehitze chemisch verbinden: so schliefsen wir, dafs entweder beide auf nassem Wege, oder nur eines von beiden, keineswegs aber beide zugleich auf feuerflüssigem Wege entstanden sind. Z. B. Quarz und Magneteisen, die etwa im Gemeng mit einander vorkommen, können unmöglich auf feuerflüssigem Wege sich gebildet haben; denn beide Fossilien verbinden sich in der Glühehitze mit einander zu einem Silicat. Nur der Quarz oder das Magneteisen können auf diesem Wege, beide aber wohl auf nassem Wege entstanden sein.

Man sieht hieraus, wie das relative Vorkommen der Fossilien, wenn es gehörig beachtet wird, in vielen Fällen zu richtigen Schlüssen auf ihre Bildungsart führt. Daher werden wir auf diese Verhältnisse bei Betrachtung der Fossilien ein besonderes Gewicht legen. So dankenswerth das in dieser Beziehung von den mineralogischen Werken Gelieferte ist: so bleibt doch noch viel zu wünschen übrig. Sollte, wie wir mit Zuversicht hoffen, die wichtige Bedeutung des relativen Vorkommens der Fossilien von den Mineralogen erkannt werden: so wäre zu hoffen, dafs in der Folge bei mineralogischen Untersuchungen und beim Sammeln der Fossilien eine gröfsere Aufmerksamkeit auf diese Verhältnisse gerichtet werden würde. Nicht blofs das gemeinschaftliche Vorkommen zweier oder mehrerer Fossilien, auch die Art des Vorkommens, ob das Fossil *A* auf dem Fossil *B*, oder umge-

kehrt dieses auf jenem sitzt, ist von grofser Wichtigkeit, weil es zu Schlüssen über das relative Alter beider führt. Fände man, um auf das schon vorhin erwähnte Beispiel zurückzukommen, in dem Höhlenraume einer Lava einen Zeolith auf Magneteisen sitzend: so könnte gegen den Schlufs, dafs dieses auf feuerflüssigem, jener auf nassem Wege gebildet worden sei, nichts erinnert werden. Das Magneteisen könnte sich während der langsamen Abkühlung und Erstarrung aus der feuerflüssigen Lava ausgeschieden haben, während der Zeolith erst lange nach der Abkühlung als ein Infiltrationsproduct entstanden wäre. Das wirkliche Vorkommen des Magneteisens auf dem Harmotom, wie vorhin bemerkt worden, läfst dagegen keine andere Deutung zu, als dafs jenes, wie dieser, auf nassem Wege gebildet worden sein müsse.

Aber nicht blofs in der Natur, auch in den mineralogischen Sammlungen sind noch Funde zu machen, wenn nur die Aufmerksamkeit auf diese Verhältnisse gerichtet wird. So fand kürzlich mein Freund Blum, den ich eben wegen des Vorkommens des Magneteisens befragt hatte, in einer Schublade seiner Sammlung, zu welcher er seit Jahren nicht gekommen war, ein Exemplar körnigen Magneteisens mit feinen Quarzkörnchen gemengt, in welchem ein Kern von Spirifer speciosus gerade so steckt, wie wir diese Versteinerung so häufig in unserer Grauwacke treffen. Ganz richtig schliefst er hieraus, dafs die Vulkanität des Magneteisens nicht auf festen Füfsen zu stehen scheint.

Bei Betrachtung der Fossilien nach vorbemerkten Gesichtspuncten beschränken wir uns auf diejenigen, welche als wesentliche Gemengtheile die Gebirgsgesteine zusammensetzen, oder welche wenigstens durch ihre Umwandlungen das Material für andere Fossilien geliefert haben können. Diejenigen Fossilien, welche im Mineralreiche nicht in erborgter Krystallform, d. h. nicht in Pseudomorphosen nach der Form anderer Fossilien oder als Zersetzungsproducte derselben vorkommen, werden in besondern Kapiteln betrachtet. An ihre Betrachtung reihen sich von selbst diejenigen Fossilien, welche als solche Zersetzungsproducte anderer Fossilien erscheinen, wenn es sich gleichwohl herausstellen sollte, dafs

sie auch als primäre Bildungen auftreten. Feldspath, Augit, beispielsweise, betrachten wir in besonderen Kapiteln, da diese Fossilien bis jetzt weder in fremder Krystallform, noch als Zersetzungsproducte anderer Fossilien gefunden worden sind. Kaolin kommt hingegen beim Feldspathe zur Betrachtung, da es ein Zersetzungsproduct desselben ist, und eben so reihen wir das Magneteisen an den Augit, da es als ein Zersetzungsprocefs desselben auftritt. Wir werden übrigens sehen, dafs, nach dem dermaligen Standpuncte der Wissenschaft, diese Unterscheidung nicht ganz consequent durchgeführt werden kann.

Kap. I.

Feldspath.

Unter diesem Namen begreifen wir alle zu **einer** Familie gehörigen Arten. Je nach ihrem Alkali oder ihren Alkalien zerfallen sie in verschiedene Arten. Die früheren Analytiker fanden im gemeinen Feldspathe (Orthoklas) nur Kali; daher auch der Name Kalifeldspath. Nach **Abich's** *) Untersuchungen scheint es indeſs keinen Orthoklas zu geben, der gar kein Natron enthielte. Im Adular vom *St. Gotthardt* beträgt das Natron $\frac{1}{13}$, im Feldspath von *Baveno* $\frac{1}{11}$ vom Kali. Umgekehrt ist wohl kein Albit gänzlich frei von Kali. Im krystallisirten Albit von *Miask* und im Albit von *Brevig* in *Norwegen* beträgt das Kali $\frac{1}{17}$ vom Natron. In andern Albiten nimmt das Kali bedeutend zu. So beträgt es im krystallisirten Albit, welcher mit krystallisirtem Feldspath in den Granitgängen des Oligoklas-Granits im *Riesengebirge*, bei *Schreibershau*, vorkommt, $\frac{1}{9}$ vom Natron **). Im feinkörnigen, schneeweiſsen Albit vom *St. Gotthardt* ist der Kaligehalt sogar noch etwas gröſser, als der Natrongehalt. Vielleicht ist aber dieser Albit ein Gemeng aus Feldspath und Albit ***). Zwischen dem Orthoklas mit dem Minimum von Natron und dem Albit mit dem Minimum von Kali fallen, in Beziehung auf

*) **Poggend.** Annal. Bd. LI. S. 531.

) **Lohmeyer in **Poggend.** Annal. Bd. LXI. S. 390.

***) **Brooks** ebend. S. 645.

die relativen Verhältnisse beider Alkalien, alle übrigen Feldspathe, wie der glasige Feldspath, Ryakolith, Andesit, Oligoklas, Labrador und die von Svanberg untersuchten Fossilien in den Graniten *Skandinavien's*. (Vergl. Bd. I. S. 394—397).

Auch der Kalk scheint keinem Feldspathe gänzlich zu fehlen. Im Orthoklas und im Albit sinkt er bis auf ein Minimum herab und im Labrador erreicht er sein Maximum, wie man aus der Zusammenstellung a. a. O. ersieht.

In chemischer Beziehung können wir daher sämmtliche Feldspatharten in einer Classe zusammen fassen, und was ihre Zersetzbarkeit betrifft, so dürfte wohl die Stufenfolge gelten, dafs je mehr das Kali überwiegt, desto schwieriger, und je mehr das Natron und mit ihm zugleich der Kalk hinzutritt, desto leichter werden sie zersetzt. Das Verhalten der Feldspathe zu den Säuren berechtigt wenigstens zu diesem Schlusse: der Orthoklas und der Albit werden von den Säuren nicht zersetzt, wohl aber der Labrador, wenn auch nicht ganz vollständig. Die Labrador-Gesteine, wie Melaphyr, Basalt u. s. w. finden wir auch im Allgemeinen bei weitem mehr in ihrer Zersetzung vorgeschritten, als die Orthoklas-Gesteine. Kommt Albit mit Feldspath vor, so ist es stets jener, welcher zuerst zersetzt wird *).

Rivière **) bringt die Feldspathe in zwei Reihen.

Erstens die wesentlichen, welche eine bedeutende Rolle in der Zusammensetzung der Erdrinde spielen. Sie sind:

	Alkalien	Thonerde	Kieselsäure	Spec. Gewicht
Orthoklas	1 At.	1 At.	4 At.	2,56
Albit	1 „	1 „	4 „	2,61
Oligoklas	1 „	1 „	3 „	2,66
Ryakolith ***)	1 „	1 „	3 „	2,61
Labrador	1 „	1 „	2 „	2,71

*) Mitscherlich Lehrb. d. Chemie. Zweite Aufl. Bd. II. S. 158.

**) Compt. rend. 1844. No. 16.

***) Mit welchem Rechte Rivière den Ryakolith, dessen Vorkommen sich blofs auf das in vulkanischen Auswürflingen des *Vesuvs* und in ähnlichen losen Blöcken am *Laacher-See* und in der *Eifel* beschränkt, in die Reihe der wesentlichen Feldspathe bringt, ist uns nicht klar.

Zweitens die accidentellen Feldspathe.

Der abnehmende Kieselsäure-Gehalt in den wesentlichen Feldspathen entspricht dem Gesetze, welches die Geologie in Beziehung auf die successive Bildung derselben zu enthüllen scheint. Der Orthoklas z. B., welcher zuerst gebildet worden, verbreitet sich nicht sehr weit in die jüngeren Formationen, während der Labrador noch in den Laven unserer Zeit vorkommt. Approximativ sind die specifischen Gewichte der Feldspathe um so gröfser, von je neuerer Entstehung sie sind. Im Allgemeinen ist Kali die älteste unter den drei Basen, Kalk die jüngste.

Kein Fossil ist in der Natur so verbreitet, als der Feldspath oder die zu dieser Familie gehörenden Arten. Nicht nur ist er ein Hauptgemengtheil aller massigen krystallinischen Gebirgsarten; sondern er findet sich auch in mehr oder weniger untergeordneten Verhältnissen in den geschichteten krystallinischen Gebirgsarten.

Das Vorkommen des Feldspaths in Lava und in andern vulkanischen Producten, so wie seine Bildung bei hüttenmännischen Processen liefern vollgültige Beweise, dafs er auf feuerflüssigem Wege entstehen kann.

Was das Vorkommen des Feldspaths in Lava betrifft, so kommen wir darauf bei Betrachtung letzterer zurück. In Beziehung auf künstliche Darstellung des Feldspaths bemerken wir folgendes. Mitscherlich *), dem wir die künstliche Darstellung verschiedener Fossilien verdanken, versuchte es vergebens, durch Schmelzen eines reinen Feldspaths oder durch Zusammenschmelzen seiner Bestandtheile, und durch sehr langsames Erkalten dieses Fossil in Krystallen darzustellen; er erhielt stets eine glasige Masse ohne irgend eine Spur krystallinischer Textur. Im Jahr 1834 war man aber auf der Kupferhütte zu *Sangerhausen* so glücklich, beim Ausblasen eines Kupferrohofens, an den innern Wänden desselben, violblaue Krystalle in Begleitung von zinkischen Ofenbrüchen zu finden, welche sich krystallographisch und chemisch wie Feldspath verhielten.

*) Poggend. Annal. Bd. XXXIII. S. 340.

Nach der Analyse von Heine *) bestanden sie aus

Kieselsäure	65,953
Thonerde	18,501
Kali, vielleicht mit etwas Natron . . .	10,466
Kalk	4,282
Eisenoxyd	0,685
Kupferoxyd	0,128
Spuren von Zinkoxyd, Manganoxyd und Kobaltoxyd	
	100,015

Diese Krystalle haben daher, aufser einigen zufälligen Bestandtheilen, wodurch die Färbung entstanden ist, eine ganz ähnliche Zusammensetzung, wie der Orthoklas; nur mit dem Unterschiede, dafs bei ihnen etwas Kali durch Kalk ersetzt wird.

Ueber das Vorkommen und die Bedingungen der Bildung dieser künstlichen Feldspathkrystalle bemerkt Heine, dafs sie sich theils in den Ritzen geborstener Ofensteine, theils in kleinen, durch Ausspringen von Quarzkörnern gebildeten hohlen Räumen fanden, theils und hauptsächlich auf einer Lage dichter, dem Graphit nicht unähnlicher Kohle safsen. Es scheint daher, dafs ein drusenartiger Raum, der durch eine feste Lage Schwefel vor dem Eindringen der schmelzenden Beschickung geschützt und dem Drucke derselben nicht ausgesetzt war, die Krystallbildung begünstigt hat. Auch scheint eine sehr langsame Abkühlung, ein Umstand, der nach dem Ausblasen der Oefen, ihrer Conservation wegen berücksichtigt worden ist, von Einflufs gewesen zu sein.

Berthier **) fand, dafs beim Zusammenschmelzen von gleichen Theilen Feldspath (Orthoklas aus Granit) und kohlensaurem Kalk (Marmor) in hoher Temperatur fast $\frac{2}{3}$ des Kali sich verflüchtigten. Wenn man berechtigt ist, eine solche Zersetzung auch vom Labrador und wohl noch mehr zu vermuthen: so würde diefs beweisen, dafs Labradorgesteine keinen

*) Poggend. Annal. Bd. XXXIV. S. 542.

**) Journ. für pract. Chemie. Bd. VI. S. 108.

präexistirenden kohlensauren Kalk enthalten können. Sollte man daher noch Gründe gegen die Präexistenz dieses Carbonats in solchen Gesteinen, wie z. B. im Melaphyr, der so häufig durch und durch mit Säuren braust, nöthig haben: so würde man sie in diesem Verhalten finden.

Die Möglichkeit einer Bildung des Feldspaths auf nassem Wege liegt defshalb nicht so entschieden, wie die auf feuerflüssigem Wege vor, weil es bis jetzt noch nicht gelungen ist, ihn auf diesem Wege künstlich darzustellen. Weiter unten werden wir indefs Erscheinungen kennen lernen, welche sich nur durch die Annahme genügend erklären lassen, dafs aus einer formlosen Feldspathmasse durch Einwirkung von Gewässern Feldspath herauskrystallisiren könne.

Zersetzungen des Feldspaths.

Verwitterung im Allgemeinen.

Der erste Act der Verwitterung eisenhaltiger Orthoklase besteht in einer Oxydation des Eisenoxyduls. Daher laufen die Krystalle auf der Oberfläche fleischfarben an, und diese Färbung verbreitet sich nach und nach in's Innere, besonders zwischen Spaltungsflächen, durch welche die Gewässer dringen. Die grofsen Feldspathe von *Lomnitz* in *Schlesien* zeigen diese Oxydation auf allen Spaltungsflächen, während benachbarte Bruchflächen noch ihre ursprüngliche weifse oder Fleischfarbe haben. Da wo diese Oxydation weit vorgeschritten ist, sind die Feldspathe so zerklüftet, dafs man einzelne Stücke mit den Fingern ablösen kann. Dadurch wird das Eindringen der Gewässer immer mehr erleichtert, und der Procefs schreitet im Innern fort. Nachdem eine solche mehr mechanische Zertheilung durch den Oxydationsprocefs vorausgegangen ist, kann die weitere Zersetzung durch die Kohlensäure der Gewässer um so leichter Platz greifen. Vielleicht dafs dieser letztere Procefs erst beginnt, nachdem der erstere vollendet ist. Die Spaltungsflächen des Feldspaths von *Schildau* im *Riesengebirge* zeigen hier und da braune Dendriten und einen grünen Anflug.

Der Feldspath im Granit von *Carlsbad* ist, wie schon v. Struve zeigte *), in verschiedenen Graden einer merkwürdigen Zersetzung unterworfen. Die Feldspathkrystalle sind zuweilen in rothen Thon übergegangen, und diese Umwandlung geht von innen nach aufsen. Viele Krystalle zeigen sie daher beim frischen Anbruche nur durch einen rothen Punct im Innern, dessen progressives Fortschreiten nach und nach den ganzen Krystall umformt. Ist diese Zersetzung vollendet, so löset sich nicht selten, beim Zerschlagen, die rothe Thonsäule mit ihrer Zuspitzung aus der einen Hälfte des Stücks los und erscheint als ein freistehender Krystall, während die andere Hälfte die Höhlung zeigt, worin der vormalige Feldspathkrystall enthalten war. Bemerkenswerth ist, dafs nur Feldspathkrystalle von einigen Linien Durchmesser dieser Umwandlung unterworfen sind, während die gröfseren unzerstört bleiben, oder doch nur im Kerne einen rothen Punct zeigen. Unter vielen hunderten in Thon übergegangenen Krystallen fand wenigstens v. Struve keinen, der über 4—6 Linien Durchmesser hatte. Derselbe unterscheidet zweierlei Arten von Verwitterung, entweder an der Oberfläche der Gebirgsmasse durch Oxydation ihres Eisens, oder in der Nähe der Gänge und Klüfte, wo sie durch die Oxydation der Eisenkiese bewirkt zu werden scheint; denn gewöhnlich findet man diese in der Nachbarschaft. Jene Verwitterung, welche blofs bis zu geringer Tiefe niedersetzt, greift vorzüglich nur den Feldspath an, und wandelt ihn in Porcellanerde um; die letztere wirkt zugleich auf den Glimmer, so dafs beide zusammenfliefsen und als Steinmark oder Speckstein erscheinen. Nach Mitscherlich **) soll die Oxydation der Eisenkiese sehr oft die Ursache sein, warum manchmal mitten im unveränderten Feldspathe zersetzte Stellen sich finden. Häufig ist an solchen Stellen das Eisenoxyd zurückgeblieben, wie man diefs z. B. bei *Teplitz* und *Carlsbad* bemerkt.

*) Leonh. Taschenbuch für die gesammte Mineralogie 1807. Jahrgang I. S. 171.

**) A. a. O.

Zersetzung des Feldspaths in Kaolin.

Diese Zersetzung ist bereits (Bd. I. 816—821) ausführlich betrachtet worden. Es ist wohl keinem Zweifel unterworfen, dafs auch der Albit, der Labrador, selbst der Feldstein-Porphyr, so wie überhaupt alle Feldspatharten in Kaolin zersetzt werden *). Ebelmen **) schliefst aus seinen Untersuchungen, dafs sich bei den Silicaten, welche Thonerde und Alkalien enthalten, jene an Kieselsäure gebunden concentrire, während Wasser aufgenommen wird. Die übrigen Basen, sammt einem grofsen Theile Kieselsäure, gehen fort.

Nicht immer zersetzt sich aber der Feldspath in eigentliches Kaolin von der S. 816 angegebenen Zusammensetzung. Crasso ***) untersuchte verwitterte und zersetzte Feldspathkrystalle aus dem Granit von *Carlsbad*. Um diese Analyse mit der des Feldspaths vergleichen zu können, wollen wir annehmen, die Thonerde in den zersetzten Krystallen sei noch die ursprüngliche des unzersetzten Feldspaths: eine Annahme, der man auch bei seiner Zersetzung in Kaolin folgt (S. 818). Reduciren wir nach dieser Annahme die Analyse von Crasso und ziehen die Resultate von der berechneten Zusammensetzung des Orthoklas ab: so erhalten wir folgendes:

	Orthoklas		Zersetzter Orthoklas		Rest, wurde fortgeführt
Kieselsäure	65,21	—	32,50 (2 At.)	=	32,71 (8 At.)
Thonerde .	18,13	—	18,13 (1 At.)	=	0
Kali . . .	16,66	—	2,80	=	13,86 (3 At.)
Natron			0,25		
Kalk			0,35		
Magnesia			0,27		
Eisenoxyd			0,73		
Wasser			5,11		
	100,00		60,14		46,57

*) Blum die Pseudomorphosen S. 89.
**) Compt. rend. T. XX. p. 1418.
***) Rammelsberg Handwörterbuch. 1ste Abth. S. 235.

Abstrahiren wir von den geringen Mengen Natron, Kalk, Magnesia und Eisenoxyd, welche theils Reste des ursprünglichen Orthoklas, theils durch Gewässer herbeigeführt worden sein mögen: so ergiebt sich, dafs ein Kalisilicat fortgeführt wurde, dessen Zusammensetzung ziemlich nahe der des sogenannten Kali-Wasserglases (S. 818) entspricht, während ein Thonerdesilicat aus 2 At. Kieselsäure und 1 At. Thonerde zurückgeblieben ist. Dieses Silicat enthält aber auf 6 At. Thonerde 4 At. Kieselsäure mehr, als das Kaolin (S. 816).

Crasso *) analysirte ferner Zwillingskrystalle von anscheinend halb zersetztem Feldspathe aus dem rothen Porphyr bei *Ilmenau* und erhielt folgende Resultate:

Kieselsäure	23,167
Thonerde	7,299
Kali	2,120
Natron	0,211
Magnesia	0,608
Eisenoxyd	12,528
Manganoxydul	0,170
Kohlensaurer Kalk	49,458
	95,561

Diese Krystalle enthielten daher nur noch schwache Reste von Feldspath, und waren, der Hauptmasse nach, in kohlensauren Kalk und Eisenoxyd umgewandelt. Sie boten ein auffallendes Beispiel einer weit fortgeschrittenen Zersetzung mit Beibehaltung der Krystallform dar.

In der Zusammensetzung der analysirten Krystalle liefsen sich zwei ganz verschiedene Gemengtheile unterscheiden, wovon der in Säuren unauflösliche (32 Proc.) das zurückgebliebene Gerippe der ursprünglichen Feldspathkrystalle darstellte, während der in Säuren auflösliche ohne Zweifel später an die Stelle der, durch Zersetzung des Feldspaths entfernten Bestandtheile getreten war.

Es giebt keinen Feldspath, der durch seine Zersetzung 49,5 Procent kohlensauren Kalk liefern könnte, und es ist

*) Poggend. Annal. Bd. XLIX. S. 381.

nicht einmal zu vermuthen, dafs im rothen Porphyr ein kalkreicherer Feldspath, als Oligoklas vorkomme; denn nach G. Rose *) enthält der rothe Porphyr neben Feldspath stets nur Oligoklas. Der gröfste Theil jenes Carbonats, wenn nicht die ganze Menge, wurde daher durch Gewässer zugeführt, und diese führten dagegen Bestandtheile des Feldspaths fort. Diefs scheint der einzige bis jetzt bekannte Fall zu sein, wo kohlensaurer Kalk durch Austausch abgesetzt wurde (Vergl. Bd. II. S. 239). Auch das Eisenoxyd konnte in der gefundenen bedeutenden Menge nur durch Austausch von Gewässern abgesetzt werden, da der Eisengehalt im Feldspathe gewöhnlich nur ganz unbedeutend ist.

Der in Salzsäure unauflösliche Antheil der Krystalle bestand aus:

Kieselsäure . . .	72,160
Thonerde . . .	18,420
Kali	4,710
Natron	0,656
Eisenoxyd . . .	4,054
	100,000

Wir finden hier dieselbe Menge Thonerde, wie im Orthoklas, aber 7 Procent Kieselsäure mehr, als in demselben. Diefs läfst schliefsen, dafs vom zersetzten Antheile des Orthoklas dieser Ueberschufs, welcher als Quarz zurückgeblieben war, herrührte. Kali und Natron sind natürlich nur noch die Reste des früheren Gehaltes.

Endlich analysirte Crasso auch noch verwitterte und zersetzte Feldspathkrystalle aus dem Syenit von *Geising* bei *Altenberg* und fand darin:

*) Poggend. Annal. Bd. LXVI. S. 108.

Kieselsäure . . .	70,789
Thonerde . . .	17,090
Kali	5,864
Natron	0,383
Magnesia . . .	0,653
Eisenoxyd . . .	1,156
Manganoxydul . .	0,351
Wasser	3,670
	99,956

Die Zusammensetzung dieser Krystalle kommt sehr nahe mit dem, in Salzsäure unauflöslichen Antheile der vorhergehenden überein. Im Verhältnisse zur Thonerde findet sich auch hier ein Ueberschufs der Kieselsäure von ungefähr 9 Procent. Von den Zersetzungsproducten, welche die Gewässer fortführten, blieb also auch hier diese Menge Quarz zurück.

Brongniart und Malaguti *) untersuchten gleichfalls mehrere zersetzte Feldspathe:

1) (Mondstein) von *Ceylon* in verschiedenen Stadien der Zersetzung, nämlich: a. brüchig, aber noch durchscheinend und krystallisirt, b. in höherem Grade zerreiblich und milchweifs, und c. ganz verwittert und in eine weifse erdige mit Quarz gemengte Masse verwandelt;

2) von *Bilin*, von welchem die durch Schlämmen erhaltenen zartesten Theile analysirt wurden;

3) von *Aue*, bestehend: a. aus 14,46 durch Säuren zersetzbarer und b. aus 85,54 unzersetzbarer Substanz.

1.

	a.	b.		c.
Kieselsäure . . .	64,00	67,10		9,60
Thonerde . . .	19,43	17,83		19,30
Kali	14,81	13,50	}	1,32
Kalk	0,42	0,50	}	
Magnesia . . .	0,20	Spur	Rückstand	56,79
Wasser und Verlust	1,14	1,07	Wasser	12,03
	100,00	100,00		99,04

*) Poggend. Annal. Bd. LX. S. 89 ff.

	2.		3. a.		3. b.
Kieselsäure . .	62,23		48,13		66,00
Thonerde . . .	5,03		34,57		17,59
Kali / Magnesia } . .	1,60	Alkalien / Erden }	5,11	Kali	15,00
				Kalk	0,40
Kalk	1,55	Wasser	13,55	Magnesia	0,38
Eisenoxyd . .	4,29		101,36		99,37
Manganoxyd . .	3,42				
Rückstand . .	8,39				
Wasser . . .	11,95				
	98,46				

No. 1. a. erscheint als ein Orthoklas, der chemisch noch wenig verändert, dessen Umwandlung aber durch Aufnahme von Wasser eingeleitet worden ist. In No. 1. b hat schon eine mit der Lupe leicht erkennbare Ausscheidung von Quarz, herrührend vom zersetzten Orthoklas, dessen übrige Bestandtheile fortgeführt worden, begonnen, und in No. 1. c ist diese Ausscheidung deutlich erkennbar. Es ist Schade, dafs der Rückstand in c nicht analysirt wurde; die Menge des Quarzes in ihm mufs aber bedeutend sein, da sich so wenig Kieselsäure vorfand.

Die geringe Menge Thonerde und Kali und die grofse Menge Kieselsäure in No. 2 zeigen gleichfalls eine bedeutende Ausscheidung von Quarz an.

No. 3. a nährt sich in seiner Zusammensetzung dem Kaolin.

No. 3. b ist wenig oder gar nicht veränderter Orthoklas. Der Feldspath von *Aue* scheint daher vorzugsweise zur Zersetzung in Kaolin und in ein Kalisilicat geneigt.

Brongniart und Malaguti fanden, dafs, wenn man kaolinartige Thone 1 bis 1½ Minuten mit einer reinen Kalilösung von 1,075 specifischem Gewichte sieden läfst, eine gewisse Menge Kieselsäure ohne Spur von Thonerde sich auflöst. Sie schliefsen hieraus, dafs die Kaoline, und wahrscheinlich auch alle Thonarten, Kieselsäure weder als Quarz noch im Zustande von Silicaten enthalten.

Wir haben gesehen (S. 298), dafs die zersetzten Feld-

spathkrystalle aus dem Granit von *Carlsbad* gleichfalls eine gröfsere Menge Kieselsäure enthielten, als das Kaolin. Wahrscheinlich war auch diese überschüssige Kieselsäure im unverbundenen Zustande, so dafs sie durch Kalilauge hätte ausgezogen werden können. Es scheint daher, dafs, wenn nicht in allen doch in den meisten Fällen, bei der Zersetzung des Feldspaths Kieselsäure sich ausscheidet, die, je nach den Umständen, entweder mit dem Kaolin gemengt bleibt, oder durch Gewässer fortgeführt wird. Diefs ist ein wichtiges Resultat.

Ohne Zweifel sind alle Feldspatharten einer solchen Zersetzung mit Kieselsäure-Ausscheidung fähig.

Die grofsen Krystalle glasigen Feldspaths im Trachyt des *Drachenfels* im *Siebengebirge* sind nicht selten durchbrochen und in den dadurch bewirkten feinen Rissen findet man ganz kleine Quarzkrystalle, welche ohne Zweifel von theilweise zersetztem Feldspathe herrühren. Nicht minder ist zu bezweifeln, dafs die kieseligen Bildungen in den Höhlenräumen der Mandelsteine vom Labrador dieses Gesteins abstammen.

Weibye *) spricht von einem theils weifsen, theils blauen, stark labradorisirenden Feldspath im Labrador-Syenit (?) im südlichen *Norwegen*, der sehr verwitterbar scheint und dann milchweifs und opak wie gemeiner Opal wird. Es scheint dieser Feldspath, wie der im Granit auf *Sicilien*, wirklich in Opal umgewandelt zu sein.

Auch die so häufigen Quarz-Ausscheidungen, welche sich in sedimentären Gebirgsarten finden, wie die Quarzgänge und besonders die Quarzschnüre im Thonschiefer, welche so häufig sind, dafs man im Thonschiefer-Gerölle kaum einen Lesestein aufnimmt, der nicht mit hervorragenden Quarzadern durchzogen ist, die Bergkrystalle in Nieren und Drusen der Kalksteine und in den Kammern mehrerer Ammoniten der Steinmergel (Quenstedt's) im untern Lias **), die Feuersteine in der Kreide u. s. w.; alle diese quarzigen Bildungen rühren höchst wahrscheinlich aus feldspathigen Ueberresten her, welche sich in den meisten sedimentären Gesteinen verfolgen lassen.

*) Neues Jahrb. für Mineralogie. Jahrg. 1847. S. 709.

**) Ebend. S. 493.

Es sind nicht blofs diese Quarz-Ausscheidungen, welche Kieselsäure als ein Zersetzungsproduct des Feldspaths nachweisen, sondern auch die Cementationen anderer Gesteine (die Verkieselungen) des Quarzsandes zu Sandsteinen (die krystallisirten Körner des bunten Sandsteins und anderer Gesteine) u. s. w. zeigen, welche ungeheure Quantitäten von Feldspath den Zersetzungsprocessen unterlegen sind. Bei Betrachtung der Quarz-führenden krystallinischen Gesteine kommen wir auf das grofsartige Phänomen von Quarzausscheidung wieder zurück.

Wir kommen zu denjenigen Zersetzungen oder Umwandlungen des Feldspaths, auf welche die Pseudomorphosen nachbenannter Fossilien, nach Formen von Feldspath, schliefsen lassen.

Glimmer nach Feldspath.

Haidinger *) machte zuerst auf die Umwandlung des Feldspaths (Orthoklas) in Glimmer aufmerksam. Unter dem, in ein Gemeng von Zinnerz und Quarz veränderten Feldspath von *St. Agnes* in *Cornwall* befand sich ein Exemplar, in welchem sich als Ausfüllungs-Masse ein feinkörnig zusammengesetzter, dem grünlich-grauen Lepidolith ähnlicher Glimmer zeigte. Blum **) beschreibt einen Feldspath-Zwillingskrystall von *St. Just* in *Cornwall*, der aus einem höchst feinkörnigen Gemenge von weifsem Glimmer und Quarz besteht, in welchem Zinnerz-Körnchen eingesprengt sind. Solche Krystalle finden sich zahlreich in einem zersetzten Granit, und zwar in der Nähe eines Zinnerz-Ganges, der jenen durchsetzt.

Da mit der Umwandlung des Feldspaths in Glimmer eine Ausscheidung von Kieselsäure begleitet sein mufs, so ist es besonders bemerkenswerth, diese im vorliegenden Falle neben jenem zu finden.

Später fand Blum ***) eine ähnliche und noch cha-

*) Abhandl. d. k. böhm. Gesellsch. d. W. Prag. 1841. S. 4.

**) A. a. O. S. 275.

***) Nachtrag zu den Pseudomorphosen. S. 26.

racteristischere Umwandlung des Feldspaths aus dem Granit bei *Warmsteinach* am *Fichtelberg* im *Fichtelgebirge*, welcher vorzugsweise aus Feldspath und Quarz in grobkörnigem Gemenge mit nur wenig Glimmer besteht. Der lichtfleischrothe, meist krystallinische Feldspath zeigt sich matt oder doch nur wenig glänzend und bröckelich, obwohl in der Richtung der Spaltungsflächen ablösbar. Fast überall ist er mit höchst feinen grünlich-weifsen Glimmer-Schüppchen gemengt, welche sich an vielen Stellen so gehäuft haben, dafs der frühere Feldspath ganz verschwunden ist, und jene theils die krystallinische, theils die scharf und wohl erhaltene Krystallform von diesem zeigen. Die Veränderung beginnt aufsen und schreitet nach innen fort, so dafs manchmal noch ein Kern von Feldspath vorhanden ist, während das Aeufsere sich in Glimmer umgewandelt hat. Dieser feinschuppige Zustand des letzteren scheint übrigens nur der Uebergang zu dem blätterigen zu sein; denn nicht selten sind solche Massen oder Pseudomorphosen mit Glimmerblättchen bedeckt, die, ohne regelmäfsige Lage, auch in jene eindringen, ja selbst mitten in denselben gefunden werden, und sich in schuppigen Glimmer verlaufen. Höchst merkwürdig ist es, dafs manchmal durch und durch umgewandelte Feldspathkrystalle mitten im krystallinischen Feldspathe liegen, der die oben bemerkten Veränderungen zeigt, und scharf von jenen abschneidet, ohne dafs jedoch die äufseren Eigenschaften des Feldspaths auf zwei verschiedene Species schliefsen lassen.

Speckstein nach Feldspath.

Hauy *) führt in Speckstein umgewandelte Feldspathkrystalle aus dem Porphyr bei *Carlsbad* an. Nach Freiesleben **) kommt der Feldspath im Granit bei *Ehrenfriedersdorf* oft bis zu zeisiggrünem Speckstein umgewandelt vor. Nach demselben ***) finden sich auch bei *Johann-Georgenstadt* Feldspathkrystalle im Granit, theils zu Speckstein, theils

*) Tableau comparatif. 209.
**) Magaz. für die Oryktographie von Sachsen. H. 5. S. 182.
***) Ebend. S. 181.

zu Steinmark umgewandelt. Am *Raubschlöfschen*, bei *Weinheim* an der Bergstrafse, zeigt sich eine ähnliche Erscheinung im Porphyr. Auch in Gängen, wie bei *Altenberg* in *Sachsen*, findet sich diese Veränderung.

Bonnard *) beobachtete, dafs die Umwandlung der Feldspathkrystalle im Hornsteinporphyr bei *Niederschöna*, unfern *Freiberg*, stets in der Mitte ihren Anfang nimmt; denn diese ist nicht selten schon ganz specksteinartig, während das Aeufsere noch Härte besitzt und blätteriges Gefüge zeigt.

Die Umwandlung von innen nach aufsen dürfte sich daraus erklären lassen, dafs gröfsere Feldspathkrystalle oft von Sprüngen mit Eisenoxydhydrat bekleidet durchzogen sind, während die äufseren Flächen wenig alterirt erscheinen. Da in diesem Falle das erste Stadium der Verwitterung des Feldspaths im Innern beginnt: so ist die eben daselbst beginnende Umwandlung desselben in Speckstein auf gleiche Weise zu begreifen. In beiden Fällen sind es Gewässer, welche durch Sprünge in das Innere dringen: im ersten ist es der Sauerstoff, den sie in Absorption, im zweiten ist es Magnesiasilicat, das sie in Auflösung hinein führen.

So berichtet auch Blum **), dafs der Feldspath im Granit bei *Thiersheim* im *Fichtelgebirge* seinen Glanz verloren hat, weifs, matt, weich, manchmal kaolinartig geworden, und oft von Sprüngen, parallel den Spaltungsflächen durchzogen ist, in denen sich dann nicht selten ebenfalls eine dünne Lage von Speckstein gebildet hat. Selbst Granat und Turmalin, die sich hier und da als Einschlüsse finden, sind manchmal auf ähnliche Weise verändert. Sehr ausgezeichnet fand er ***) die Umwandlung des Feldspaths zu Speckstein im Granite der Gegend von *Finbo* in *Schweden*. In einem Handstücke sind nicht blofs die Krystalle des Feldspaths, sondern auch die krystallinischen Massen umgewandelt, so dafs das Ganze aus einem Gemenge aus Speckstein, Quarz und Glimmer besteht, und nur an wenigen Stellen noch Feldspath, obwohl nicht mehr in seiner ganzen Frische, erhalten ist. Die Umwandlung begann

*) v. Leonhard's Taschenb. für Mineral. 1822. Bd. XVI. S. 102.

**) A. a. O. S. 124.

***) Nachtrag. S. 71.

aufsen, aber nicht gleichmäfsig auf der ganzen Oberfläche. Vom Feldspathe zeigt sich keine Spur von Spaltbarkeit mehr.

Glimmer und Quarz, besonders ersterer, sind auch etwas verändert. Jener verläuft sich an einigen Stellen so in den Speckstein, dafs man deutlich sieht, wie er theilweise gleichfalls in Speckstein umgewandelt wurde. Ueberhaupt ist der Glimmer in dem ganzen Exemplar weniger spröde, viel weicher als gewöhnlich und läfst sich nicht so leicht in dünne Blättchen spalten. Um so mehr tritt diefs hervor, je näher der Glimmer dem Speckstein liegt. Der Quarz ist nur da etwas alterirt, wo er unmittelbar den Speckstein berührt; er ist etwas spröder geworden, so dafs man ihn leicht wegzusprengen vermag.

Durch weiteres Fortschreiten dieses Umwandlungsprocesses der Gemengtheile des Granits würde demnach eine reine Specksteinmasse entstehen: eine Erscheinung, die beim Glimmerschiefer schon als Thatsache angeführt wurde, und die man, bei genauer Beobachtung, auch gewifs noch beim Granite findet. Um so mehr ist diefs zu erwarten, da ja Speckstein in Pseudomorphosen nach Glimmer und Quarz vorkommt.

Nach Selb *) zeigt sich auch der Feldspath des Granits an mehreren Stellen im *Schwarzwalde*, in der Nähe der Gänge, wo also Gewässer den leichtesten Zutritt hatten, zu Speckstein umgewandelt.

Auf ähnliche Umwandlungen des Feldspaths im Granit in Speckstein, in Talk und in Serpentin werden wir bei Betrachtung des letzten zurückkommen.

Talk nach Feldspath.

Blum **) beschreibt eine Stufe von *Altenberg* in *Sachsen*, welche eine gänzliche Umwandlung des Feldspaths in ein feinblätterig schuppiges Gemenge von Talk zeigt. Härte, blättriges Gefüge und Glanz des ersteren sind verschwunden, die Krystalle sind weich, ohne Durchgänge und etwas perlmutterglänzend.

*) Denkschriften der Naturf. und Aerzte Schwabens. Bd. I. S. 335.

**) A. a. O. S. 109.

Talk nach Conzeranit.

Da der Conzeranit, seiner Zusammensetzung nach, sich an die Feldspathe, besonders an den Labrador reiht: so gehört seine Umwandlung in Talk hierher. Blum *) berichtet, dafs die Veränderung sich zuerst auf der Oberfläche bemerkbar macht. Auch sind die Krystalle nicht selten der Quere nach mit vielen Rissen durchzogen, zwischen welchen die Veränderung schneller nach dem Innern fortgeschritten ist. Hier haben sich feine, weifse, schuppige Talkblättchen angehäuft, so dafs der Krystall aus einem Gemenge von Conzeranit und Talk besteht. Die der Umwandlung völlig unterlegenen Krystalle sind ganz und gar aus einem feinschuppigen Aggregat von Talkblättchen zusammengesetzt.

Chlorit nach Feldspath.

Wir haben diese Umwandlung schon Bd. II. S. 252 beschrieben.

Steinmark nach Feldspath.

Die Beobachtungen, welche über diese Erscheinung gemacht wurden, sprechen sich selten scharf und bestimmt hinsichtlich der Substanz aus, zu welcher der Feldspath wurde. Wir verweisen defshalb auf Blum **).

Zinnerz nach Feldspath.

J. Davey ***) fand zuerst auf der Grube *Huel-Coates* bei *St. Agnes-Beacon* in *Cornwall* Zinnerz in Formen von Feldspath. Die Feldspathkrystalle bestehen aus einem feinkörnigen Aggregat von Zinnerzkörnchen, gewöhnlich mehr oder weniger mit eben so kleinen Quarzkörnern gemengt. Die Oberfläche dieser Krystalle ist gekörnt, rauh und uneben, und diefs um so mehr, je gröfser die Aggregattheilchen sind; bei sehr feinkörnigen Gemengen zeigt sich dieselbe mehr

*) Nachtrag S. 65.

**) Die Pseudomorphosen. S. 69.

***) Transact. of the royal geolog. Soc. of Cornwall. V. IV. 1832. p. 484.

eben, und die Kanten und Ecken lassen viele Schärfe wahrnehmen. Nicht selten zeigen sich die Krystalle gesprungen und wieder durch kleine Krystalle von Zinnerz zusammengekittet. Manche Feldspathkrystalle sollen auch, nach Anker *), in der Mitte von Zinnerz durchdrungen sein, während die beiden Enden noch aus vollkommen reinem Feldspath bestehen. Blum **) beschreibt einen Feldspath-Zwillingskrystall, der in seiner Substanz gänzlich verändert ist. Er besteht aus einem höchst feinkörnigen Gemenge aus weifsem Glimmer und Quarz, in welchem Zinnerzkörnchen eingesprengt sind. Es scheint hier eine Umwandlung des Feldspaths in Quarz und Glimmer und zugleich ein Eindringen von Zinnerz stattgefunden zu haben. Dieser Krystall ist von *St. Just* in *Cornwall*; aber ganz Aehnliches kommt auch bei den Krystallen von *Huel-Coates* vor. Alle diese Krystalle finden sich zahlreich in einem zersetzten Granit und zwar in der Nähe eines Zinnerzganges, der diesen durchzieht.

Th. Scheerer***) theilt eine sehr neue Bildung eines Fossils mit, welches er Neolith nennt, und das, wenigstens zum Theil, aus zersetztem Orthoklas entstanden ist. Die Verhältnisse sind so sehr interessant und belehrend für Bildungen auf nassem Wege, dafs wir eine etwas ausführlichere Beschreibung folgen lassen.

Dieses Fossil bildet sich jetzt noch in einer Eisensteingrube in der Gegend von *Arendal* in *Norwegen*. Diese Grube erhält von benachbarten ersoffenen Gruben unterirdisch zulaufende Wasser, die dort 600 Fufs hoch stehen, und daher an den tiefsten Stellen mit einem Drucke von ungefähr 19 Atmosphären durch das Gestein dringen. Die Gebirgsarten, obgleich fast ohne Ausnahme dem Urgneifse zugehörend, sind von sehr verschiedener Art, enthalten indefs mehr oder weniger augitische und hornblendische oder Talk-haltige Ge-

*) Annal. des Mines. III. Ser. T. XX. 1841. p. 110.

**) Die Pseudomorphosen. S. 275.

***) Poggend. Annal. Bd. LXXI. S. 285.

mengtheile. Die eine der beiden gröfseren Grubenwände, und zwar diejenige, durch welche das Wasser vorzugsweise dringt, besteht hauptsächlich aus einer Orthoklas-Masse, in der sparsam Augit und Hornblende eingesprengt vorkommen. Hinter dieser Feldspathparthie ist eine, an Magnesia reiche, glimmerführende und eine porphyrartige Gebirgsart, welche, besonders die letztere, sich sehr verändert zeigt. Stücke davon sind, wenn sie eben aus der Grube kommen, ganz von Feuchtigkeit durchdrungen; sie zerspringen, wie eine austrocknende Thonmasse, und zerfallen nach mehreren Tagen oder Wochen in ein grauschwarzes Pulver.

Die unterirdisch fliessenden Gewässer zersetzen die genannten Gesteine, beladen sich mit ihren Bestandtheilen, setzen dieselben, jene Feldspathwand durchrieselnd, ab und bilden jenen Neolith, ein an Magnesia reiches Fossil in grofser Menge. Der Feldspath selbst wird hierbei sehr verändert, theils zu einer kaolinartigen, theils zu einer specksteinähnlichen Masse. Der Neolith erscheint entweder krystallinisch oder, dem Anscheine nach, amorph. Im krystallinischen Zustande bildet er zarte Blättchen und Fasern. Fächer- oder sternförmige Fasern scheinen nur in Sprüngen, nie auf der Oberfläche des Feldspaths vorzukommen; Sprünge von $\frac{1}{4}$ bis 1 Linie Breite sind zuweilen ganz damit erfüllt, mitunter enthalten sie aber auch nur zerstreut liegende Sterne. Diese Art des Vorkommens erinnert sehr an Wavellit. Parallele Fasern scheinen sich besonders da gebildet zu haben, wo das Wasser von überhängenden Stellen der Grubenwand herabtropft, nicht aber, wie an steilen Stellen, ruhig herabfliefst. Hier bildete der Neolith einen anscheinend amorphen, spiegelblanken Ueberzug. Lose in der Grube liegende Gesteine zeigen denselben Ueberzug von Papier- bis zur Dicke eines Zolls und darüber. Die dicksten pflegen die parallelfaserigen zu sein, welche bisweilen mit tropfsteinartigen Contouren angetroffen werden. Aufserdem bildete sich der amorphe Neolith, der wohl eigentlich als ein zusammengedrängtes Haufwerk äufserst kleiner Blättchen und Fasern betrachtet werden mufs, auch im Innern des zersetzten Feldspaths, indem er ausgewaschene Räume erfüllt und sein Volumen in dem Maafse vergröfsert, als ihm der Feldspath Platz macht. Auf diese Weise wird die Masse des

letztern an einzelnen Stellen allmälig ganz in Neolith metamorphosirt.

Nach Scheerer's Analyse besteht er aus

	I	II
Kieselsäure . . .	52,28	47,35
Magnesia	31,24	24,73
Thonerde	7,33	10,27
Eisenoxydul . . .	3,79	7,92
Manganoxydul . .	0,89	2,64
Kalk	0,28	—
Wasser	4,04	6,28
	99,85	99,19

Das zur Analyse II verwendete Fossil war von dunklerer (schwärzlich grüner) Farbe, als I. Eisenoxyd konnte in keinem der untersuchten Stücke aufgefunden werden. Es erscheint als ein unreiner Talk, wie er auch anderwärts vorkommt; denn eine ganz reine kieselsaure Magnesia giebt es nicht im Mineralreiche (Bd. I. S. 776). Es steht auch in allen übrigen Eigenschaften dem Talke nahe.

Scheerer hält es für sehr wahrscheinlich, dafs bei Zersetzung jener Gesteine durch Gewässer die Kohlensäure eine wichtige Rolle spiele. Da sich aber im Neolith kein Magnesiacarbonat vorfindet: so ist es nicht wahrscheinlich, dafs ein gröfserer, als der gewöhnliche Kohlensäuregehalt in den Gewässern, aus welchen sich jenes Fossil absetzt, vorhanden ist. Ueberdiefs würde die Gegenwart überschüssiger Kohlensäure dem Absatze von Magnesiasilicat hinderlich sein (Bd. I. S. 783). Auch das Eisenoxydul ist in den Gewässern ohne Zweifel als Silicat enthalten; denn wäre es als Carbonat vorhanden, so würde es sich während des Absatzes oxydiren und zu Eisenoxydhydrat werden.

Scheerer wirft die Frage auf, ob von den Gewässern aus den Magnesia-reichen Gebirgsarten sogleich eine, dem Neolith entsprechende Verbindung aufgelöst wird, oder ob diese sich erst auf dem weitern Wege, den die Gewässer nehmen, bildet? — Es sei möglich, meint er, dafs der Feldspath, den

das Wasser vor seinem Eintritte in die Grube durchdringt, dazu beitrage, indem er einen Theil der im Neolith befindlichen Kieselsäure und Thonerde abgäbe.

Da der Feldspath theils in eine kaolinartige, theils in eine specksteinähnliche Masse umgewandelt erscheint: so mufs theils ein Kalisilicat, theils die ganze Feldspathmasse fortgeführt werden. Jenes finden wir nicht unter den Bestandtheilen des Neoliths; von dieser nur etwas kieselsaure Thonerde. Es ist daher nicht zu zweifeln, dafs die Gewässer vor ihrem Eintritte in die Feldspath-Region Magnesiasilicat und wahrscheinlich auch Eisenoxydul- und Manganoxydul-Silicat enthalten; denn auch diese beiden Oxydule finden sich im Orthoklas nur in sehr geringer Menge. Einen Theil ihres Magnesiasilicats müssen aber die Gewässer im Orthoklas absetzen, weil dieser theilweise in eine specksteinähnliche Masse umgewandelt erscheint, und dafür müssen sie Kalisilicat und Feldspathmasse aufnehmen und fortführen. Von letzterer könnte, möglicher Weise, etwas Thonerdesilicat zur Bildung des Neoliths beitragen; das Kalisilicat mufs aber mit den abfliefsenden Gewässern fortgeführt werden.

Ohne dafs wir mit Bestimmtheit angeben können, welche Processe vorangehen, ehe es zum Absatze des neuen Fossils kommt: so ist doch entschieden, dafs während des Laufes jener Gewässer Auflösungen mineralischer Bestandtheile, Absätze durch Austausch und zuletzt ohne Zweifel durch theilweise Verdunstung erfolgen. Nichts kann daher einen wichtigeren Beweis für unsere (Bd. I. S. 847) ausgesprochenen Ansichten gewähren, dafs während des Filtrirens der Gewässer durch Gebirgsgesteine mannichfaltige Processe stattfinden, als die in Rede stehenden Erscheinungen, welche wir dem unermüdlichen Beobachtungseifer von Scheerer verdanken.

Wäre, bemerkt er, die Feldspathwand in jener Eisensteingrube quarzführend, und hätte sich der Feldspath an den Berührungsflächen mit dem Quarze zu Krystallen ausgebildet: so würden dieselben allmälig ganz in Neolith umgewandelt werden. Mit ihm halten wir es nicht blofs für möglich, dafs die angeführte Pseudomorphose des Talks nach Feldspath auf ähnliche Weise entstanden sei; sondern dafs auch die so häu-

figen Umwandlungen desselben in Speckstein oder in speck-steinartige Massen denselben Ursprung haben.

Schon früher (Bd. II. S. 231) haben wir auf den fein-blättrigen, auch schuppigen, weifsen, seidenartig glänzenden Zustand des Talks, wo er als Versteinerungsmittel auftritt, aufmerksam gemacht; auch im Neolith begegnen wir einem solchen feinblättrigen oder faserigen Zustande, wie er so häufig im Talk, Chlorit, Asbest und ähnlichen Fossilien sich findet. Man sieht hieraus, wie wenig es gerechtfertigt ist, aus einem solchen Aggregatzustande auf eine plutonische Bildung schliefsen zu wollen.

Unsere Bemerkungen in Beziehung auf die so häufigen Verdrängungen der verschiedenartigsten Gesteine durch Magnesiasilicat und der so häufigen Ortsveränderungen der Magnesia (Bd. I. S. 789 ff.) erlangen durch die Bildung des Neoliths ihre volle Bestätigung. So wie wir die Nothwendigkeit erkannt haben, dafs Augit, Hornblende, Olivin u. s. w. das Material zu Magnesiasilicaten liefern müssen: so zeigen die Absätze in jener Eisensteingrube die Wirklichkeit solcher Vorgänge. Wird wohl Jemand bezweifeln, dafs, wenn heute oder morgen jene Grube zum Erliegen käme, und die Gewässer ihren Lauf ungestört beibehielten, nach vielen Jahrtausenden ganz bedeutende Talklager sich in ihr bilden, ja dafs in einer gewissen Zeit diese von Menschenhänden ausgehöhlten Räume sich ganz damit erfüllen würden? — Sollten in einer so ferne liegenden Zeit unsere Nachkommen oder vielleicht andere intelligente Wesen mit ähnlichen ultraplutonischen Ideen, wie manche Geologen des 19ten Jahrhunderts, behaftet sein: so könnte leicht eine solche Talkablagerung für eine eruptive, aus den Tiefen des Erdinnern hervorgedrungene Masse gehalten werden. — Ebenso aber, wie sich jene Eisengrube und alle von Bergleuten bewirkten Aushöhlungen nach und nach mit sedimentären Massen erfüllen würden, sofern nur Gewässer ihren langsamen Lauf durch sie nähmen und Gelegenheit bekämen, das Aufgelöste abzusetzen: so werden auch leere Räume, die sich durch Senkungen, durch Erdbeben u. s. w. jetzt noch bilden sollten, unter ähnlichen Bedingungen, nach langen Zeiträumen auf gleiche Weise ausgefüllt werden. Ausfüllungen von Spalten, Höhlenräumen

u. s. w., wie sie in frühern Zeiträumen stattgefunden haben, würden daher ohne Zweifel auch jetzt noch stattfinden. Wenn die Jetztzeit nur äufserst selten Gelegenheit darbietet, solche Ausfüllungen zu beobachten: so liegt diefs einzig und allein darin, dafs das, was früher offen war oder sich nach und nach geöffnet hatte, schon längst ausgefüllt ist.

Diejenigen sind daher gewifs in Irrthum, welche glauben, dafs Ausfüllungen in Spalten und Höhlenräumen abgeschlossene Ereignisse seien, die nur den früheren Erdbildungs-Epochen, nicht aber den gegenwärtigen angehören.

Werfen wir einen Rückblick auf die metamorphischen Processe, denen der Feldspath unterworfen ist. Den Einwirkungen der Atmosphärilien, sei es unmittelbar oder mittelbar durch die Gewässer ausgesetzt, verliert er mehr oder weniger von seinen alkalischen Silicaten und ein Thonerdesilicat bleibt zurück. Häufig, vielleicht immer, scheidet sich hierbei Quarz aus. In einem einzelnen Falle trat kohlensaurer Kalk und Eisenoxyd theilweise an seine Stelle. Der Glimmer in Formen von Feldspath ist, wie nicht zu zweifeln, ein Umwandlungsproduct.

Fünf Fälle sind bekannt, in denen der Feldspath durch andere Fossilien: Speckstein, Talk, Chlorit, Steinmark, Zinnerz völlig verdrängt wird. In diesen Fällen bleibt kaum eine andere Annahme übrig, als dafs der Feldspath als solcher von den Gewässern fortgeführt wird; es sei denn, dafs Speckstein, Talk und Steinmark einen Theil der Kieselsäure des Feldspaths zurückhalten. Beim Steinmark könnte man etwa an einen Austausch zwischen den Bestandtheilen des Feldspaths und denen der Gewässer, welche mit demselben in Berührung kommen, denken. Wird der Feldspath als solcher fortgeführt, so mufs man es für möglich halten, dafs er aus den fortführenden Gewässern als solcher wieder abgesetzt werden könne, sei es in seiner eigenen Krystallform, oder in erborgter durch Verdrängung eines andern Fossils.

Eigentlicher Feldspath, als Pseudomorphose in Formen eines andern Fossils, ist bis jetzt nicht aufgefunden worden *). Blum **) führt indefs eine Pseudomorphose des

*) v. Morlot (neues Jahrb. für Mineral. u. s. w. Jahrg. 1847. S. 845).

Feldsteins in der Skalenoederform des Kalkspaths an, wovon er leider nicht den genauen Fundort kennt. Er erhielt sie mit der Bemerkung, sie sei aus *Sachsen*, wahrscheinlich aus der Gegend von *Chemnitz* auf Gängen und Klüften von Porphyr. Diese Pseudomorphose besteht aus einer Gruppirung von vier Krystallen von nicht unbeträchtlicher Gröfse; es ist jedoch nur einer derselben ganz erhalten, die andern sind abgebrochen und durchgerissen. Aufsen sind sie uneben und rauh und lichte- bis dunkelfleischroth. Innen sind sie aber ganz erfüllt mit einer gelblich- oder röthlichweifsen, auch fleischrothen, dichten, seltener etwas erdigen Feldsteinmasse, worin hier und da kleine Blasenräume mit Quarzkrystallen vorkommen, oder letztere oder auch Quarzkörner, wie beim Porphyr, in ihr liegen. Ueberdiefs findet sich auch der Quarz, von der Oberfläche der Krystalle aus nach dem Innern hin, in 1 bis 2 Linien dicken Lagen mit dem Feldsteine wechselnd. Diese Lagen sind den Krystallflächen parallel, meist sehr fein, dünn und scharf abgegrenzt, seltener dicker oder in einander übergehend. An einigen Stellen, wo die Feldsteinmasse mehr erdig, der von Thonporphyren ähnlich erscheint, ist die Feldsteinlage herausgewittert, so dafs dünne hohle Risse entstanden sind. Hier und da hat sich auch die Quarzmasse mehr angesammelt, besonders an den Enden der Krystalle. An den Berührungspuncten der grofsen Krystalle sitzt ebenfalls Quarz, zum Theil in der Würfelform des Flufsspaths. Nach Blum's Ansicht entstanden jene Krystalle durch Umhüllung und wechselweises Ansetzen von Quarz und Feldstein nach innen, aber mit fast stetem Vorherrschen des letz-

erwähnt Pseudomorphosen von Orthoklas nach Albit: Krystalle, die früher Albit waren und jetzt entweder ganz oder nur theilweise zu Orthoklas geworden sind, und an ihrer Oberfläche oft noch die ausgeschiedenen neu gebildeten Albitkrystalle zeigen. Er hält diefs für einen Beweis, dafs hier die Metamorphose mit der Bildung des Orthoklas und der Ausscheidung von Albit oder Natron und sodann auch wohl von Quarz verbunden war.

Das Nähere, wie und wo solche Pseudomorphosen vorkommen, ist sehr zu wünschen, da die Sache, wenn sie unzweifelhaft sein sollte, von grofser Wichtigkeit wäre.

**) Die Pseudomorphosen. S. 256.

tern. Nach einer Dicke von 1 bis 2 Linien aber nimmt der Feldstein den ganzen Raum für sich allein ein und hat so den Kalkspath gänzlich verdrängt.

Eine Analyse dieses Feldsteins ist sehr wünschenswerth. Ist er wirklich eine Feldspathmasse, so bleibt keine andere Vorstellung übrig, als dafs Gewässer, ein Kali-Thonerdesilicat enthaltend, mit dem Kalkspath in Berührung gekommen sind und durch Austausch diesen aufgelöst und fortgeführt und jenes Doppelsilicat abgesetzt haben. Es ist daher eine von den vielen Verdrängungs-Pseudomorphosen in Formen von Kalkspath, wovon schon früher (Bd. II. S. 239) die Rede war. Was den Quarz betrifft, so könnte es sein, dafs in den Gewässern überschüssige Kieselsäure vorhanden war, die sich als solche mit dem Kali-Thonerdesilicat absetzte. Dafür würden die oben (S. 302) angeführten Zersetzungen des Feldspaths mit theilweiser Ausscheidung von Quarz sprechen. Mit mehr Wahrscheinlichkeit ist aber anzunehmen, dafs der früher abgesetzte Feldstein später eine theilweise Zersetzung erlitten habe. Dieser Ansicht scheint auch Blum zu sein, indem er die mehr erdige Beschaffenheit der Feldsteinmasse äufsern Einflüssen zuschreibt. Der Umstand, dafs der Quarz nur in der äufsern Kruste sich findet, und der innere Raum ganz mit Feldstein erfüllt ist, stimmt gleichfalls dafür, dafs der Quarz ein späteres Zersetzungsproduct durch die Atmosphärilien sei.

Auffallend ist es, dafs eine solche pseudomorphische Bildung des Feldsteins nur ein einziges Mal vorgekommen ist, da Fortführung von Feldspathmassen durch Gewässer eine häufige Erscheinung, wie die Umwandlung des Feldspaths in specksteinartige Massen zeigt, sein mufs. Sollten daher nicht fast eben so häufig pseudomorphische Feldstein-Bildungen gefunden werden, als Verdrängungen von Feldspathmassen stattfinden, und nicht blofs nach Formen von Kalkspath, sondern auch nach Formen anderer Fossilien? — Sollte es vielleicht nur die, solchen Bildungen bisher zugewendete, geringere Aufmerksamkeit sein, dafs man bis jetzt noch keine weiteren Pseudomorphosen dieser Art angetroffen hat? — Oder sollte die Feldsteinmasse, da sie als dichte Grundmasse verschiedener Gebirgsarten nur im amorphen Zustande vorkommt, überhaupt wenig Neigung haben, selbst nur in erborgten krystallini-

schen Formen sich abzusetzen? — Oder sollte der Feldspath überhaupt nicht als ein Ganzes, sondern nach Zersetzung in einfache Silicate von Gewässern fortgeführt, und auf diese Weise seine Regeneration verhindert werden? —

Sehen wir uns nach Fundorten um, welche für eine Bildung des Feldspaths auf nassem Wege sprechen *).

Feldspath findet sich mit Talk, Molybdänglanz und Arsenikkies (*Vargberg* in *Schweden*), auf Kupfererz-Lagerstätten im Glimmerschiefer (*Nyköping* in *Schweden*), auf einer Erzlagerstätte im Thonschiefer (*Schmölnitz* in *Ungarn*), mit Granat und Strahlstein auf Kupferkies- und Magneteisen-Lagerstätten im Granit (*Pitkaranda* in *Finnland*), mit Kupferglanz und Kupferkies, mächtige Gänge im Kalkstein bildend (*Cerro del Potosi* in *Mexico*), mit Hornblende und Kupferkies auf Quarzklüften im Gneifs (Land *Kordofan* in *Nubien*).

Albit findet sich mit Glimmer und Zinnerz auf Quarzgängen (*Finbo* bei *Fahlun* in *Schweden*), und auf einem Quarzgange im Gneifs (*Brodbo* unfern *Fahlun*).

Eine genaue Untersuchung der hier angeführten Fundorte würde wohl die Frage nach der Entstehungsart des Feldspaths und Albits zur sicheren Beantwortung führen. Die kleinen Feldspathkrystalle zu Drusen verwachsen auf Quarzkrystallen, in Begleitung von krystallisirtem Zinnerz und Flufsspath auf Gneifs, in den *Schönberger* und *Schlackenwalder* Zinnerzlagerstätten in *Böhmen*, scheinen sehr für eine Bildung auf nassem Wege zu sprechen.

Auch das Vorkommen des krystallisirten Feldspaths in Drusenräumen von Granit (*Ilsenstein* bei *Ilsenburg* am *Harz*), auf Klüften des Gneifses (Gegend von *Freiberg* in *Sachsen*), mit Topas, Bergkrystall und Beryll in Drusen von Granit (*Nertschinsk* in *Sibirien*) und das vielleicht noch häufigere Vorkommen des Albits in Drusenräumen streiten wenigstens nicht gegen die Möglichkeit einer späteren Bildung durch Infiltration.

Das Vorkommen des Adular in kleinen Krystallen mit Hornstein auf Erzlagerstätten im Thonschiefer (*Barnaul* im

*) Wir folgen zunächst dem Handwörterbuche der topograph. Mineral. von G. Leonhard.

Altai) und das des Conzeranit im körnigen Kalke an mehreren Stellen in den *Pyrenäen*, so wie des Albits, aufgewachsen und zu schönen Drusen verbunden in Spalten und Höhlungen auf einer Art Dioritschiefer (Kupfergrube *Kiräbinsk* bei *Poläkowskoi*) *), wissen wir in der That nicht anders, als durch einen Procefs auf nassem Wege zu erklären.

In dem uns bekannt gewordenen Vorkommen des glasigen Feldspaths und des Labradors haben wir keine Kennzeichen finden können, welche zu Gunsten einer Bildung auf nassem Wege sprächen.

Wenn die im Vorhergehenden angeführten Fundorte der verschiedenen Feldspathe, in Beziehung auf ihre secundäre Bildung auf nassem Wege, noch einige Zweifel übrig lassen sollten: so erhebt das Auftreten des Orthoklas in den Feldspath-Porphyren der *Lenne*-Gegenden, nach den sorgfältigen Untersuchungen v. Dechen's **), eine solche Bildung zur völligen Gewifsheit.

Auf einer ziemlich geraden, nur einmal gebrochenen Linie von *Bratschkopf* und dem *heiligen Wasser*, westlich von *Olpe* über *Bilstein*, *Altenhundem* bis *Hundesossen*, unterhalb *Schmallenberg*, findet sich in einer Länge von 4½ Meilen und in einer Breite, welche vielleicht nirgends 200 Fufs übersteigt, eine grofse Menge, wie es scheint, unzusammenhängender Porphyr-Vorkommnisse.

Der verstorbene Bergmeister Schmidt führt an, dafs die Lagerstätten, auf welchen diese Porphyre vorkommen, Gänge und stehende Stöcke seien; zuweilen sei aber auch nur das Nebengestein, der Thonschiefer, in Feldsteinporphyr, welcher Rotheisenstein-Gänge und Gangklüfte in sich schliefse, umgewandelt. Nach v. Dechen stimmt aber dieser Porphyrzug mit der überaus regelmäfsig und leicht erkennbaren Streichungslinie der Gebirgsschichten (Grauwackenschiefer, Thonschiefer und Grauwacke) vollkommen überein. Man kann

*) Reise nach dem Ural. Bd. II. S. 174.

**) Archiv für Mineral. u. s. w. von Karsten und v. Dechen. Bd. XIX. S. 367 ff.

daher nicht wohl an eine, von diesen Gesteinen abgesonderte Bildung dieses Porphyrzuges denken.

Die Porphyre erscheinen in verschiedenen Abänderungen. Ihr räumlicher Zusammenhang zeigt, dafs der Porphyr, welcher in einer Grundmasse dichten Feldspaths (Feldstein oder Felsit, Eurit) krystallinische Ausscheidungen oder Krystalle von Feldspath und Quarz enthält, besonders durch das gegenseitige quantitative Verhältnifs der Grundmasse und der Krystallausscheidungen Abänderungen bildet. Bald waltet die Grundmasse vor, und die Krystallausscheidungen treten zurück; bald sind diese überwiegend und jene zurückgedrängt.

Theils zeigt sich in diesen Porphyren im Kleinen und im Grofsen ein massiges, nach allen Richtungen gleiches, theils ein deutlich schiefrig-flasriges und in den Hauptmassen vorzugsweise ein versteckt schiefriges Gefüge, welches nicht bemerkt werden würde, wenn die deutlichen Abänderungen nicht vorlägen. Unter den übrigen Abänderungen sind solche zu unterscheiden, in denen die krystallinischen Ausscheidungen des Quarzes fehlen, und solche, worin sich der Quarz findet, und keine Ausscheidungen von Feldspath vorhanden sind. Jene kommen am häufigsten, diese viel seltener vor. Abänderungen, in denen gar keine Ausscheidungen sichtbar sind, finden sich selten.

Die ausgezeichnet schiefrigen Abänderungen mit krystallinischen Ausscheidungen von Feldspath ohne Quarz enthalten meist gröfsere und kleinere Parthieen von grauem und schwarzem Schiefer. Auch die Abänderungen mit krystallinischen Quarzausscheidungen, ohne krystallinischen Feldspath und gleichfalls von schiefrigem Gefüge, enthalten Schieferparthieen. Dieser Schiefer ist gewöhnlicher, wie er in der Nähe das Grauwackengebirge zusammensetzt. Glänzende Ueberzüge auf der Schieferungsfläche, welche aus Thonschiefermasse zu bestehen scheinen, finden sich ganz besonders und beinahe immer in derjenigen Abänderung, welche nur krystallinische Ausscheidungen von Feldspath ohne Quarz enthält. In den Abänderungen dagegen, worin Feldspath und Quarz ausgeschieden sind, fehlen gewöhnlich die Schieferparthieen und Flasern; sie kommen nur an einigen Puncten vor, und vorzugsweise in Verbindung mit einem deutlich schiefrigen

Gefüge. Bisweilen werden diese Parthieen von einem dichten Fossil, von einer Art Thonstein ersetzt.

Gerade diejenigen Abänderungen, welche nur die Andeutung eines schiefrigen Gefüges enthalten, haben ein grofses Interesse; denn sie beweisen, dafs es keinen scharfen Abschnitt zwischen den Gesteinen giebt, welche vollkommen massig sind, und denen, die ausgezeichnet schiefriges Gefüge besitzen. Bei denjenigen Gesteinen, welche nur Feldspath-Ausscheidungen enthalten, tritt die Vermittelung beider Abänderungen, der massigen und der schiefrigen, viel weniger, ja man dürfte wohl behaupten, gar nicht hervor. Wären nur allein solche Verhältnisse bekannt, wären nicht bei den, Quarz- und Feldspath-Ausscheidungen enthaltenden Gesteinen alle Stufen des Ueberganges aus einem Gefüge in das andere vorhanden: so würde naturgemäfs eine scharfe Sonderung der Feldspath-Porphyre von den schiefrigen Gesteinen eintreten müssen. Die Ansicht, dafs jene Feldspath-Porphyre auf eine andere Weise entstanden und ihren gegenwärtigen Standort eingenommen hätten, als die schiefrigen, mit Feldspathkrystallen und Schieferflasern erfüllten Gesteine, würde unmittelbar daraus folgen.

Schmidt spricht von einem Trümmer-Porphyr, in welchem Brocken von Feldstein-Porphyr mit scharfkantigen Bruchstücken von mehr oder weniger verändertem Thonschiefer durch Feldsteinmasse zusammengekittet und gefrittet sein sollen. Allein v. Dechen kann keinen von den, von ihm aufgefundenen Gesteinen in der bemerkten Gegend diesen Namen beilegen. Die Parthieen von Schiefer, welche sich an so vielen Puncten in den schiefrigen Feldspath-führenden Gesteinen finden, sind keine Bruchstücke. Es sind oft dünne Flasern mit gezahnten und sich verlaufenden Rändern; keineswegs in Formen, wie sie der Schiefer bildet, der so häufig in Bruchstücken im Quarz oder Spatheisenstein der Gänge in diesem Gebirge vorkommt. Die Reste des Schiefers erscheinen ihm, als wenn sie in irgend ein Auflösungsmittel getaucht worden wären.

Es mufs, sagt v. Dechen ganz richtig, in der Geognosie als Grundsatz festgehalten werden, nur aus solchen Erscheinungen Schlüsse zu ziehen, die völlig klar und bestimmt

sind, die keinem Zweifel Raum geben, die sich oft und überall wiederholen und so von vielen Puncten her immer wieder dasselbe bestätigen. Dagegen aus Erscheinungen, welche zweifelhaft, unbestimmt, unsicher und vielen Deutungen unterworfen sind, lassen sich keine Schwierigkeiten gegen wohl begründete Ansichten erheben, keine Schlüsse ziehen, die weiter greifen und sich im Gebiete der Wissenschaft einen Einfluſs verschaffen können. Solche Erscheinungen sollen nur genau beschrieben, der Aufmerksamkeit mehrerer Beobachter empfohlen und erwogen werden, was an ihnen zweifelhaft ist, was Bedenken gegen andere Beobachtungen und gegen die daraus gezogenen Schlüsse erregen kann u. s. w.

In einem solchen Falle befinden sich, fährt er fort, die in Rede stehenden Porphyre im Grauwackengebirge. Bei den massigen Porphyren scheint ihm keine einzige Beobachtung vorzuliegen, welche der Ansicht widerspräche, daſs dieselben aus gröſseren Erdtiefen in das Grauwackengebirge, lange nach seiner Bildung, eingedrungen wären. Es sind genau dieselben Massen, wie die Elvan-Gänge im Killas von *Cornwall*, wie die Porphyrgänge im Gneiſse von *Freiberg*. Wenn sich aber aus jenen massigen Porphyren schiefrige Gesteine durch allmälige Uebergänge entwickeln, welche Quarz- und Feldspath-Ausscheidungen enthalten: so fragt sich, wie weit für diese gelten soll, was für die massigen Porphyre nach guten und sichern Gründen angenommen werden kann.

Die schiefrigen Porphyre nur mit Feldspath- oder nur mit Quarz-Ausscheidungen dagegen, welche bestimmt von den massigen Gesteinen getrennt erscheinen, und bei denen kein Uebergang in diese erkannt werden kann, gehören einer andern Reihe von Erscheinungen an, und eine Ausdehnung der Ansicht über die Entstehung der massigen auf diese würde nicht gerechtfertigt werden können.

So sehr wir die groſse Vorsicht und Umsicht anerkennen, womit unser verehrter Freund aus den von ihm ermittelten höchst wichtigen Thatsachen Schlüsse zu ziehen sucht: so sind wir doch darüber nicht ganz im Klaren, welche wohl begründete Ansichten es denn eigentlich sind, gegen die keine Schwierigkeiten zu erheben sein sollten! — Wenn wir in den Erscheinungen noch zweifelhaftes, unbestimmtes und unsiche-

res, welches vielen Deutungen unterworfen sein könnte, zu erblicken vermöchten: so wäre es nur defshalb, weil es auch uns, obgleich gewifs viel weniger, als unserm Freunde schwer wird, uns von Ansichten loszureifsen, die, weil sie gleichsam mit der Muttermilch eingesogen, eine unverdiente Geltung erlangt haben. Wir kehren die Sache um und fragen, wie weit kann für die massigen Porphyre gelten, was für die schiefrigen angenommen werden mufs? Kann man eine plutonische Bildung der ersteren annehmen, wenn eine solche, oder auch nur die Mitwirkung einer höheren Temperatur bei letzteren gänzlich ausgeschlossen werden mufs? — Jeder Zweifel, jede Unsicherheit, jede Möglichkeit einer verschiedenen Deutung schwindet übrigens durch den, Epoche machenden Fund des Geschwornen Olligschläger, durch den Fund einer Versteinerung in dem Porphyr und nicht etwa in einem Schieferbruchstück; denn Feldspathkrystalle bilden kleine Erhabenheiten in der, die organische Form ausprägenden Masse.

Obgleich eine nähere Beschreibung von Versteinerungen ganz aufserhalb des Kreises unserer Betrachtungen liegt: so erlaube man uns doch, im vorliegenden Falle eine Ausnahme davon zu machen. So wie in politisch aufgeregten Zeiten Adressen und Petitionen gegen das Festhalten bestehender oder usurpirter Principien in tausendfach aufgelegten Exemplaren verbreitet werden: so dürfte es wohl auch an der Zeit sein, Thatsachen, welche geeignet sind, einen Umschwung in geologischen Dingen herbeizuführen, und gegen usurpirte Ansichten anzukämpfen, so viel als möglich im wissenschaftlichen Publicum zu verbreiten.

Ueber jenen Fund berichtet von Dechen*) folgendes. „Der Porphyr am *Steimel* (oder *Steimerich* d. i. *Steinberg*) bei *Schameder* auf der linken Seite des Thales, welches nach der *Eder* hinabführt, ist in einem grofsen Steinbruche entblöst, das Einfallen ist in hor. 12 mit 80° gegen Süd. Die Schieferung ist sehr deutlich. Es ist eine grünlich graue Masse, die auf den Schieferungsflächen einen Fettglanz besitzt. In derselben liegen theils kleine und wenig hervortretende, ein-

*) A. a. O. S. 419. u. 420.

zelne Feldspathkrystalle, theils sind dieselben grofs und sehr auffallend. Eben so ist es auch mit den Schieferparthieen, die an einigen Stellen sehr klein und mit grauem Hornstein und Quarzkörnern verbunden, an andern sehr grofs sind, mehrere Zoll in der Länge und Breite haben. Die Quarznieren unterscheiden sich auf das deutlichste durch milchweifse Farbe und geringeren Glanz von den Quarzkörnern, welche so häufig in andern Abänderungen dieser Gesteine sind, an diesem Puncte aber durchaus fehlen. An einigen Schieferparthieen, deren Schieferung schräg gegen die gröfseren Flächen liegt, zeigen sich auf diesen letzteren eigenthümliche, schwach hervortretende Riefen, welche dadurch deutlicher werden, dafs sie mit ganz kleinen glänzenden Quarzkrystallen bedeckt sind.“

„In einer der mit grofsen weifsen Feldspathkrystallen ganz erfüllten, sehr schiefrigen Abänderungen fand Olligschläger jene Versteinerung, das Schwanzschild eines Homalonotus. Dasselbe ist $2\frac{3}{4}$ Zoll breit, $2\frac{1}{2}''$ lang und mit 11 gewölbten Rippen bedeckt. Die Species, der es angehört, ist, nach dem Urtheile von Goldfufs und Römer, bisher im *Rheinisch - Westphälischen* Grauwacken - Gebirge noch nicht vorgekommen, und auch in den damit verglichenen Versteinerungswerken findet es sich nicht von einem andern Fundorte beschrieben. Dafs dieses Schwanzstück der Gattung Homalonotus angehört, wird durch die sehr wenig ausgezeichneten, beiden Längenfurchen, und durch die Stellung der Rippen bewiesen. Dasselbe unterscheidet sich von andern Species dieser Gattung dadurch, dafs der Rand des äufsern Umfanges scharfschneidig und deutlich abgesetzt ist, dafs es auf der vorderen, dem Thorax zugewendeten Seite durch einen schmalen Ring begrenzt wird, dafs die vordern Seitenadern desselben, welche bei allen übrigen Species völlig abgerundet sind, weit unter dem Thorax in einem, an der Spitze abgerundeten Bogen hervortreten. Das Schwanzschild ist schon beim Einschlufs vom Thorax abgetrennt gewesen; von diesem ist keine Spur vorhanden. Vielfachen Suchens ungeachtet haben, aufser dieser merkwürdigen Versteinerung, keine andere in diesem Bruche aufgefunden werden können.“

Einen andern Schlufs, als v. Dechen aus dem Vor-

kommen dieser Versteinerung zieht, wie sie den vollgültigsten Beweis liefert „dafs der Porphyr, worin sie gefunden worden, nicht in einer hohen Temperatur massenhaft aus der Erdtiefe gekommen und auf der Oberfläche erstarrt sein könne, und dafs eine solche Ansicht sich durchaus nicht mit einem organischen Einschlusse dieser Art verträgt“ wird wohl kein anderer Naturforscher ziehen.

Wir stimmen mit ihm vollkommen überein, dafs nur zwei Ansichten zur Erklärung dieser Erscheinung möglich sind. Entweder ist der schiefrige Porphyr eine Umwandlung aus gewöhnlichen Schiefern des Grauwackengebirges, lange nach der Ablagerung dieser Gebirgsschichten, oder er ist von gleichzeitiger Entstehung mit den darunter und darauf liegenden Schichten der Grauwacke unter solchen Verhältnissen, dafs Meeres-Organismen darin eingeschlossen und ihre Reste darin erhalten bleiben konnten.

In Beziehung auf den ersten dieser beiden Fälle geht er davon aus, dafs die schiefrigen Porphyre dieselben Bestandtheile (Kieselsäure, Thonerde, Alkalien, Eisenoxydul) enthalten, welche im Schiefer und im Grauwackenschiefer vorhanden sind. Es bedürfe, meint er, nur einer geeigneten Temperatur und sonstiger anregender Einflüsse, um diese Bestandtheile zu theilweise krystallinischen Ausscheidungen von Feldspath und Quarz zu vereinigen, und mit dem Rückstande eine Grundmasse von dichtem, nicht krystallisirbarem Feldspathe und von unaufgelösten Parthieen des Schiefers zu bilden, so dafs, selbst ohne das Eindringen neuer oder fremder Stoffe aus dem gewöhnlichen, Schiefer gerade solche Steine entstehen, wie sie in den schiefrigen Porphyren der *Lenne*-Gegenden vorhanden sind.

Nach seiner Ansicht ist dagegen ein Umstand vorhanden, der sehr grofse Bedenken erregen kann. Die schiefrigen Porphyre bilden vorzugsweise Massen von einer sehr geringen Mächtigkeit, Platten, den Schichten gleichliegend, von wenigen Fufs Stärke, wohl nirgends 100 Fufs übersteigend, und die begrenzenden hangenden und liegenden Schichten lassen gar keine Umänderung wahrnehmen. Es ist also nicht die grofse Masse der umgewandelten Gesteine, welche, wie beim Gneifs und Glimmerschiefer, die Schwierigkeit erhebt; son-

dern umgekehrt der geringe Umfang des veränderten Schiefers, das Gebundensein dieser Veränderung an eine einzige oder an sehr wenige nahe gelegene Schichten, während die benachbarten von diesem Einflusse nicht berührt worden sind: diese Umstände sind es, welche uns entgegen treten. Es mufs eingeräumt werden, dafs nicht leicht ein Vorgang angegeben werden kann, der diese Schwierigkeiten völlig beseitigt. Sie scheinen aber doch kaum von der Art zu sein, dafs diese Ansicht ohne weiters zu verwerfen wäre, und um so weniger, als die andere nicht gerechtfertigt werden kann.

Diese andere Ansicht, die gleichzeitige Entstehung des schiefrigen Porphyrs mit den übrigen Schichten des Grauwackengebirges müfste jenes Gestein für ein Conglomerat erklären, in welchem die Entstehung der Feldspathkrystalle und Quarzkörner auf andere Weise, als durch mechanische Zerstörung einer vorhandenen Gebirgsart gedacht werden müfste. Allein die Gemengtheile der verschiedenen Gesteins-Abänderungen tragen weder den Character von Bruchstücken, noch von Geschieben oder geriebenen Bruchstücken; die Ansicht, diese Gesteine für Conglomerate zu halten, erscheint daher als unhaltbar. An Bruchstücken müssen die Bruchflächen nachweisbar und mit dem Gefüge des Gesteins in Uebereinstimmung sein. Am Geschiebe mufs die Oberfläche die Wirkung der Reibung zeigen, und wenn solche Kriterien fehlen, so können die Einschlüsse nicht für Bruchstücke gehalten werden.

Offenbar stehen hier, sagt v. Dechen, die Ansichten über die Bildung krystallinischer quarziger Gesteine auf einem sehr wichtigen Wendepuncte; denn wenn man jenen schiefrigen Porphyr nicht für eine metamorphische Gebirgsart, aus gewöhnlichem Schiefer des Grauwackengebirges durch spätere Veränderung hervorgegangen, halten kann: so scheint nur die Annahme übrig zu bleiben, dafs er ursprünglich und gleichzeitig mit den Schichten der Grauwacke und unter Umständen gebildet worden sei, welche die Einschliefsung und Erhaltung organischer Ueberreste möglich machten.

Mit dieser Ansicht würde aber, bemerkt v. Dechen, Alles erschüttert werden, was sich gegenwärtig in der Wissenschaft über die krystallinischen, quarzigen Gesteine und

ganz besonders über alle, welche feldspathartige Fossilien enthalten, Geltung verschafft hat, und wobei die Bildung derselben in hoher Temperatur vorausgesetzt wird, ebenso wie Feldspathkrystalle noch gegenwärtig, obwohl selten, als Hüttenproducte erzeugt werden.

Wenn also von solchen Ansichten Abstand genommen, wenn der schiefrige Porphyr nicht als Product einer submarinen plutonischen Thätigkeit betrachtet wird *): so mufs er für eine spätere Umwandlung aus Schiefer und Grauwacke gehalten werden. Es mufs ein Vorgang gesucht werden, welcher die Umwandlung einer oder einiger nahe gelegenen Schichten mitten in einer Gebirgsmasse erklärt, welche nicht von dieser Umwandlung ergriffen worden ist. Es mag nur angedeutet werden, dafs das Entweichen von heifsen Dämpfen oder Gasen auf den Schichtungsablösungen (nicht auf Spalten; denn diese hat v. Dechen nicht nachweisen können) möglicher Weise eine einzelne Schicht umändern und benachbarte unverletzt lassen kann. So weit v. Dechen.

„Eine geeignete Temperatur" deutet auf eine plutonische Metamorphose; „sonstige anregende Einflüsse" lassen eine weniger sichere Deutung zu. Vor allem wäre die Quelle der höhern Temperatur nachzuweisen; denn die Centralwärme kann nichts nützen, da, wenn man sich auch das ganze Grauwackengebirge in Tiefen versenkt denken wollte, in welchen Glühehitze herrschte, doch nicht zu begreifen wäre, warum die Veränderung nur auf eine einzige oder auf sehr wenige, nahe gelegene Schichten sich beschränkt habe. Doch diese Schwierigkeit wurde von unserm verehrten Freunde so sehr hervorgehoben, dafs wir nichts weiter zu bemerken haben. Damit sind wir aber mit jeder Erklärung durch eine Metamorphose auf plutonischem Wege zu Ende.

Wir bezweifeln indefs nicht die Möglichkeit, dafs aus einem Gesteine, welches die Elemente des Feldspaths oder wohl gar die Ueberreste seiner mechanischen Zerstörung im fein zerkleinerten Zustande enthält, er sich krystallinisch aus-

*) Sedgwick und Murchison on the distribution and classification of the older or palaeozoic deposits of the North of Germany and Belgium, Transact. of the geol. soc. VI. p. 349.

scheiden könne, wenn ein solches Gestein anhaltend einer sehr hohen Temperatur ausgesetzt ist. Wir halten es sogar für möglich, dafs schon eine, den Schmelzpunct des Gesteins noch nicht erreichende Hitze diese Veränderung hervorbringen könne, da viele Beispiele vorliegen, dafs amorphe Körper unter ihrem Schmelzpuncte, ja manchmal schon in gewöhnlicher Temperatur unter gewissen Umständen, in den krystallinischen Zustand übergehen. Ob aber in einer Temperatur, welche jenes Schwanzschild eines Homalonotus aushielt, ohne zerstört zu werden, oder wenigstens seine Form zu verlieren, eine krystallinische Ausscheidung von Feldspath stattfinden konnte, möchten wir bezweifeln.

Es ist übrigens nicht blofs die Ausscheidung von Feldspath, sondern auch die des Quarzes, welche in einer solchen Temperatur erfolgen müfste. Wie aber einer der strengflüssigsten und feuerbeständigsten Körper, die Kieselsäure, welche mit Basen als Silicat verbunden im Schiefer vorhanden ist, in solcher Temperatur sich verflüchtigen könnte, (denn eine andere Ausscheidung und Ortsveränderung, als durch Verflüchtigung, wäre nicht zu denken) diefs würde nicht zu begreifen sein *).

Wir zweifeln nicht, dafs heifse Dämpfe auffallende Wirkungen in Gesteinen hervorbringen können, wenn sie anhaltend durch dieselben strömen; denn viele Erfahrungen dieser Art liegen vor. Wenn Wasser überhaupt das wesentliche Agens bei metamorphischen Processen ist: so wird es auch in seiner Dampfform eine bedeutende Wirksamkeit äufsern.

Nach Jeffreys **) Versuchen wirken Wasserdämpfe nicht merklich auf Silicate unterhalb der Schmelzhitze des Gufseisens; in ihr zersetzen sie aber Feldspathgesteine schnell und bekleiden die Decke des Ofens mit einem, dem Haarfrost ähnlichen Ueberzug von Kieselsäure. Wasserdämpfe von solcher Temperatur und Spannung wirken daher nicht anders, als unsere Tagewasser, welche durch Feldspathgesteine sickern;

*) Schwerlich wird wohl Jemand zu der Bd. I. S. 760 angeführten Verflüchtigung der Kieselsäure durch Wasserdämpfe Zuflucht nehmen.

**) Rep. of the Brit. Association 1840.

nur dafs jene in ganz kurzer Zeit Kieselsäure ausscheiden, diese sehr lange dazu brauchen, dafs jene die Kieselsäure dampfförmig, diese in Lösung fortführen. Wirken aber dem gemäfs Wasserdämpfe nur zersetzend, so können wir von ihnen nicht einmal die Bildungen erwarten, welche liquides Wasser hervorbringt, da dieses ausgeschiedene Stoffe fortführt und sie als solche, oder durch Austausch modificirt, absetzen kann.

Wasserdämpfe, welche aus dem Innern der Erde strömen, sind indefs eine nicht sehr frequente und meist nur auf die Umgebungen von Vulkanen beschränkte Erscheinung. Ueberdiefs fehlt es bei jenen Porphyr-Vorkommnissen an Spalten, und will man die Dämpfe durch die Schichtungsablösungen strömen lassen: so kann man den Meteorwassern denselben Weg anweisen.

Was die heifsen Gase betrifft, so würden Kohlensäuregas, Schwefelwasserstoffgas, oder wenn man weiter gehen will, Schwefligsäuregas, Salzsäuregas: Gase, deren Entwicklung aus dem Innern wirklich stattfindet, nimmermehr Ausscheidungen von Feldspath bewirken, sondern sie würden die feldspathigen Massen zersetzen und Carbonate, Sulphate und Chlorüre bilden.

Der zu suchende Vorgang, welcher die Umwandlung einer oder einiger nahe gelegenen Schichten mitten in einer Gebirgsmasse, die nicht von dieser Umwandlung ergriffen ist, erklärt, scheint uns nicht fern zu liegen.

Der durchaus schiefrige Porphyr im oben genannten Steinbruche enthält viele Flecken von gelbem Eisenocher, welche von zersetzten Feldspathparthieen herzurühren scheinen. So weit der Steinbruch reicht, sieht man kein frischeres Gestein. Klüfte im Porphyr, mit rothem Eisenocher belegt, finden sich sehr häufig in verschiedenen Porphyr-Varietäten.

An anderen Stellen trifft man im schiefrigen Porphyr sehr viele kleine, zum Theil durch eine anfangende Zerstörung porös gewordene Feldspathparthieen mit einzelnen grauen Quarzkörnern an. Ferner kommen Abänderungen von dichter Grundmasse vor, welche von vielen Adern und unregelmäfsigen Parthieen von Hornstein durchzogen sind, und die stellenweise so häufig werden, dafs sie selbst das Gestein an

Masse überwiegen. Dieser Hornstein ist mit dem Porphyr überall fest verwachsen, und nirgends ist eine Trennung zwischen beiden wahrzunehmen. Nicht selten sind die Porphyre mit Quarzadern durchsetzt; auch feine Klüfte, mit kleinen Quarzkrystallen bekleidet, ziehen sich durch das Gestein, und manchmal ist der Quarz in gröfseren Nieren, worin auch Drusenräume, ausgeschieden. Die Quarzadern werden bisweilen so überaus fein, dafs sie nur durch eine rothe Färbung bemerkbar sind. Sie durchsetzen nicht selten die angrenzende Grauwacke wie den Porphyr. An einer Stelle wird letzterer mehrfach von feinen Quarzschnüren durchschnitten, in denen sich auch Kalkspath befindet. In der Nähe der Erzgänge wird der Porphyr von vielen Quarztrümmern durchsetzt, die dann auch wohl Erze eingesprengt enthalten.

Sehr häufig finden sich kleine Parthieen von ölgrüner Farbe, von Wachsglanz und grofser Weichheit, die sich vielfach in ganz dünne Blätter, gleichsam in parallel liegende Ueberzüge zertheilen, und deren Lage mit dem schiefrigen Gefüge übereinstimmt. Sie sind ohne Zweifel entweder Talk oder Speckstein, dessen Vorkommen an einer Stelle v. Dechen ausdrücklich erwähnt. Bei einem häufigeren Auftreten dieses talkigen Fossils nimmt manchmal das Gestein ein flasriges Gefüge an, welches jedoch sonst ganz verschwindet.

Von ganz besonderer Wichtigkeit ist ein Porphyr (bei *Silberg*), welcher sich nicht füglich den übrigen Zügen anschliefsen läfst, und der sich auch von den andern Porphyren wesentlich unterscheidet. In einer ganz lichtgrünen Grundmasse erkennt man sehr kleine Flecken von gelblichem Feldspathe und kleine sechsseitige Säulen und Tafeln von hellgrünem Glimmer, der allen übrigen Porphyren dieser Gegend vollkommen zu fehlen scheint. Dieser Porphyr ist am Tage nicht bekannt; er ist durch einen Grubenbau aufgeschlossen. Bemerkenswerth ist, dafs sowohl das Hangende, wie das Liegende durch einen Lettenbesteg bezeichnet ist, welcher sich in jenem verzweigt, und eine Masse von blauem Letten, Thonschiefer und Bruchstücken von Porphyr einschliefst.

In der Gegend von *Olpe*, am westlichen Ende des Porphyrzuges, weisen zwei Steinbrüche ein ausgezeichnetes Porphyrlager von 60 bis 70 Fufs Mächtigkeit nach. Das Lie-

gende besteht aus einem kalkhaltigen, Versteinerungen führenden, das Hangende aus einem dünnen blättrigen Schiefer ohne Versteinerungen. Solche Verhältnisse, Versteinerungen im Liegenden und keine im Hangenden kommen an mehreren Stellen vor.

Da die Vertheidiger einer plutonischen Metamorphose die Hitze doch wohl schwerlich von oben, vom Himmel herab, sondern aus der Tiefe herauf kommen lassen werden: so hätten die Versteinerungen im Liegenden die volle Hitze aushalten müssen.

Die Thonschieferblätter und Schieferparthieen neben den Feldspathparthieen in den Porphyren haben ihre glänzend schwarze oder grauschwarze Farbe bewahrt, was nicht möglich gewesen wäre, wenn sie einer anhaltenden Hitze ausgesetzt gewesen wären. Sogar kleine schwarze Schieferflecken, zum Theil so klein, dafs sie als schwarze Puncte erscheinen, welche ihrer geringen Masse wegen noch weniger der Hitze hätten widerstehen können, finden sich nicht selten. Schieferparthieen sind hier und da selbst mit kleinen, weifsen Feldspathpuncten erfüllt. Zuweilen trifft man Parthieen an, die einem Schiefer ähnlich sehen, in welchem sich aber eine überaus grofse Zahl der kleinsten Feldspathpuncte und Körner ausgebildet hat.

Thatsachen von solcher Art, die sich tausend Mal in andern Gebirgsgesteinen, welche man plutonisch-metamorphosirte zu nennen beliebt, wiederholen, zeigen die Nichtigkeit der Hypothese eines solchen plutonischen Metamorphismus in ihrer ganzen Blöfse. Sie thun unwiderleglich dar, dafs in den Porphyren Zersetzungen und Umwandlungen auf nassem Wege stattgefunden haben. Hier und da ist es unverkennbar, dafs die so häufigen Eisenocher-Flecken von zerstörtem Feldspath herrühren: man kann an einer Stelle den Uebergang aus frischem Feldspath mit glänzenden Bruchflächen bis in ganz lokkere ocherige Massen ganz deutlich und bestimmt verfolgen. Vielleicht dafs aber solcher Eisenocher auch von Gewässern abgesetzt wurde, welche die Masse der Feldspathkrystalle fortführten. Diefs ist um so wahrscheinlicher, da sich Rothund Brauneisenstein an einigen Stellen im Porphyr finden, der ein Gegenstand der Gewinnung war und noch ist, und da die

Grundmasse und der Feldspath in Porphyrstücken aus der Nähe einer Rotheisenstein-Grube in Rotheisenstein umgewandelt, oder durch denselben ersetzt vorkommt. In keinem Falle kann der Feldspath durch seine Zersetzung viel Eisenoxydhydrat liefern; es kommen auch Feldspathe in weifses Kaolin umgewandelt vor, welches einen geringen Eisengehalt in jenen anzeigt.

Bemerkenswerth ist, dafs sich an einer Stelle ein Theil des Feldspaths in völliger Frische mit Härte und Glanz der Bruchflächen erhielt, während ein anderer gänzlich zerstört und durch einen sandigen, mit Eisenoxydhydrat gefärbten Thon ersetzt ist. Letzteres zeigt abermals die so gewöhnliche Zersetzung des Feldspaths in Quarz, Kaolin und Eisenoxydhydrat. An einigen Stellen scheinen sich, nach der Streifung auf den Bruchflächen zu schliefsen, unter den Feldspathkrystallen Albite zu befinden, welche an anderen wahrscheinlich durch Verwitterung zerstört wurden.

In einem Gange einer alten Blei- und Kupfererzgrube, der mit dem Porphyr in naher Verbindung steht, kommen grüne Blende, Bleiglanz, Kupferkies, Fahlerz mit Quarz, Spatheisenstein mit wenig Feldspath vor. Ein solches Vorkommen des Feldspaths in Begleitung von Fossilien, die nur Absätze aus Gewässern sein können, spricht deutlich genug für seine Ausscheidung auf nassem Wege.

Ganz entschieden zeugt das Vorkommen des Quarzes in den verschiedenen Formen und Ausfüllungen für Processe auf nassem Wege. Spalten mufsten vorhanden gewesen sein, ehe sie sich mit Quarz ausfüllen konnten. Sollte die Lächerlichkeit so weit gehen, die Quarze in diesen Spalten für Ausscheidungen während der beliebten plutonischen Metamorphose zu halten: so wird man doch nicht die angrenzende Grauwacke braten lassen, um die sie gleichfalls durchsetzenden Quarzschnüre zu erklären? —

Nicht minder entschieden spricht das talkige, ohne Zweifel wasserhaltige Fossil für vorangegangene Processe auf nassem Wege.

Zeigen aber die zuletzt erfolgten Veränderungen, deren Resultate noch jetzt im Porphyr sichtbar sind, ungetheilt den nassen Weg an, welches Hindernifs liegt vor, die Ausschei-

dung des Feldspaths auf demselben Wege zu begreifen, wenn auch ein solcher Vorgang bis jetzt für undenkbar, ja von Vielen für völlig ungereimt gehalten wird? Nicht mehr haben wir die Frage aufzuwerfen, ob eine Bildung des Feldspaths auf nassem Wege möglich ist; sondern wir haben blofs zu untersuchen, wie sich diese Bildung oder Umwandlung den andern, entschieden auf nassem Wege von statten gegangenen Umwandlungsprocessen im Porphyr anreiht.

Der Thonschiefer in der Nähe der Porphyre in den *Lenne*-Gegenden ist noch nicht analysirt. Ist er so zusammengesetzt, wie der Thonschiefer bei *Goslar*, so enthält er die Elemente von ungefähr 20 Proc. Feldspath (Orthoklas). Die Möglichkeit seiner Bildung aus der Masse des Thonschiefers ist also zu begreifen. Die Analyse des letzteren kann nicht entscheiden, ob eine Feldspathmasse in ihm vorhanden ist. Da aber dieses sedimentäre Gestein wahrscheinlich aus einem zerstörten feldspathhaltigen krystallinischen Gesteine hervorgegangen ist: so ist gegen die Annahme, dafs dasselbe unzersetzte Feldspath-Theile enthalte, nichts zu erinnern. Um so weniger ist dagegen etwas zu erinnern, wenn berücksichtigt wird, dafs die Zersetzung der Gesteine auf chemischem und auf mechanischem Wege stattfindet. Der chemisch zersetzte Feldspath, das Kaolin, hat seine Alkalien völlig oder wenigstens bis auf Spuren (Bd. I. S. 816) eingebüfst. Es kann daher Material nur zur Regeneration einer geringen Menge Feldspath liefern. Bietet sich dagegen dem mechanisch zermalmten Feldspathe eine günstige Gelegenheit, die zerstörte Form wieder anzunehmen, dar: so wird er sich gleichsam wie ein Phönix regeneriren.

Sind in einem sedimentären Gesteine, wie im Thonschiefer, die Producte der chemischen und mechanischen Zerstörung mit einander im Gemenge: so kommt es blofs darauf an, dafs sich letztere von ersteren sondern. Nur darum handelt es sich; nur diese Möglichkeit, keineswegs eine Bildung des Feldspaths aus seinen Elementen hat man sich zu denken. Die Analysen der chemisch zersetzten Feldspathe (S. 297 ff.) zeigen, dafs die Hauptproducte dieser Zersetzung Kaolin und Quarz sind; denn die Alkalien werden von den Gewässern fortgeführt. Die wesentlichen Gemengtheile eines sedimentä-

ren Gesteins, welches sich aus den Producten der mechanischen und chemischen Zersetzung eines feldspathhaltigen krystallinischen Gesteins gebildet hat, sind also Feldspath, Kaolin und Quarz. Krystallisirt ersterer aus der Masse heraus, so bleiben die beiden letzteren in der Grundmasse zurück und bilden eine Art Thonstein.

Gehlen *) machte die interessante Beobachtung, dafs ein sehr fein zertheilter Niederschlag von Yttererde, der in zwei Gläsern mit der salzigen Flüssigkeit stehen blieb, nach zwei Tagen krystallinisch geworden war. In dem einen Glase waren es aus höchst feinen und kleinen Prismen zusammengehäufte Kügelchen; in dem andern war der Niederschlag spreuig blätterig. Die Krystalle waren freilich keine reine Erde, sondern enthielten noch salzige Theile. Ebenso kann man das Algarothpulver (basisches Antimonchlorür) zum Krystallisiren bringen, wenn es, bei mäfsiger Verdünnung sehr fein niedergeschlagen, in der sauren Flüssigkeit liegen bleibt. Dasselbe zeigt sich bisweilen auch beim Wismuthweifs. Es war also nicht nöthig, schliefst Gehlen sehr richtig, dafs die oft grofsen Krystallmassen in der Natur einmal alle in einer Flüssigkeit aufgelöst gewesen sein mufsten. Mitscherlich **) zeigte durch mehrere Beispiele, wie die Krystallform eines Körpers sich verändern kann, ohne dafs ein flüssiger Zustand eintritt. Solche Veränderungen gehen manchmal bei ganz geringen Wärmegraden und selbst in gewöhnlicher Temperatur von statten. G. Rose ***) fand, dafs der kohlensaure Kalk unmittelbar nach seiner Fällung aus einer kalten Auflösung sich in einem undeutlich-krystallinischen Zustande befindet, der mit der Kreide übereinkommt, und aus dem erst später der deutlich krystallisirte Zustand hervorgeht. Die von ihm gleichfalls beobachtete Umwandlung des Arragonits in Kalkspath, wenn der durch Fällung dargestellte Arragonit unter Wasser oder unter einer Auflösung von kohlensaurem Ammoniak stehen bleibt, zeigt endlich, wie krystallisirte Körper aus einer Krystallform in eine andere über-

*) Schweigger's Journ. Bd. VII. S. 515.

**) Poggend. Annal. Bd. VI. S. 192. u. Bd. XI. S. 327.

***) Ebend. Bd. XLII. S. 353.

gehen können, ohne vorher in den flüssigen Zustand versetzt worden zu sein. Hausmann's *) Versuche mit Stücken gelinde gebrannten, dichten Gypses, die er zur Wiederaufnahme des verlornen Krystallwassers in Wasser hing, wobei sie zuweilen ein krystallinisches Gefüge annahmen, welches sie vor dem Brennen nicht besafsen und auf der Oberfläche sich plötzlich mit Gypskrystallen überzogen, dürften hier eine Stelle finden. Sie zeigen wenigstens, wie mit Hülfe des Wassers Krystallisation ohne vorhergegangene Auflösung hervorgerufen werden könne; denn diese kann bei der momentanen Bildung der Gypskrystalle auf der Oberfläche nicht angenommen werden. Jedoch weicht dieses Beispiel von den vorhergehenden darin ab, dafs das Wasser mit dem Gypse eine neue Verbindung eingeht.

Es liefsen sich noch mehrere ähnliche Beispiele von krystallinischen Bildungen ohne vorhergegangene Auflösung anführen. Die vorliegenden reichen jedoch hin, die Möglichkeit zu zeigen, dafs sich eine, in einem sedimentären Gesteine mit andern mechanischen und chemischen Zersetzungsproducten krystallinischer Gesteine gemengte, amorphe Feldspathmasse unter günstigen Umständen in krystallisirten Feldspath umwandeln könne. Die Analogie berechtigt zu der Annahme, dafs eben so, wie in den angeführten Beispielen amorphe Niederschläge in wässrigen Flüssigkeiten liegend, welche Salze aufgelöst enthalten, in den krystallinischen Zustand übergehen, auch eine amorphe Feldspathmasse, welche getränkt ist mit den immerfort durch das Gestein sickernden, gleichfalls Salze oder Zersetzungsproducte enthaltenden Gewässern, zur krystallinischen Ausscheidung kommen könne. Die verschiedenartigen Zersetzungsproducte in den Porphyren der *Lenne*-Gegenden, welche nur auf nassem Wege entstanden sein können, zeigen, dafs Gewässer, und mit ihnen aufgelöst gewesene Silicate, das Gestein wirklich durchdrungen haben und noch durchdringen.

Welche Schwierigkeit sollte einer solchen Vorstellung, die sich auf analoge Fälle stützt, entgegentreten? — Die Zeit wird diese und jede andere Schwierigkeit, die man etwa noch

*) Bemerkungen über Gyps und Karstenit 1847. S. 14.

erheben könnte, beseitigen, nicht blofs die lange Zeit, welche der Feldspathmasse in den Porphyren vergönnt war, bestimmte Gestalt anzunehmen; sondern auch die zukünftige, welche die Ideen einer Metamorphose der Gebirgsgesteine auf plutonischem Wege immer mehr verdrängen, naturgemäfsen Vorstellungen Platz machen wird *).

Halten wir es, nach dem Vorstehenden, für entschieden, dafs sich Feldspathmassen in sedimentären Gesteinen, in Folge metamorphischer Processe auf nassem Wege, krystallinisch ausscheiden können: so dürfen wir auch nicht die neue Stütze, welche v. Dechen's Beobachtungen zu Gunsten der Bildung des Glimmers durch ähnliche metamorphische Processe darbieten, von der Hand weisen.

Wenn man der Ansicht, dafs die in so vielen sedimentären Gesteinen vorkommenden Glimmerblättchen die Ueberreste

*) Ich kann nicht umhin, bei dieser Gelegenheit folgendes zu bemerken. Meine geologischen Studien fallen in eine Zeit, wo der Plutonismus seinen höchsten Triumph gefeiert zu haben schien. Die Autorität von Männern, welche viel gesehen und beobachtet hatten, übte auf mich, wie auf viele Andere ihren Einflufs aus. Als ich aber Gelegenheit erhielt, durch eigene Beobachtung mich zu belehren, als ich insbesondere das Veränderliche in den Gebirgsgesteinen, welches den Chemiker mehr als andere Verhältnisse berührt, zum Gegenstande meiner Studien machte, kam ich immer mehr zu der Ueberzeugung, dafs plutonischen und plutonisch-metamorphischen Processen ein Feld von unhaltbarer Ausdehnung eingeräumt worden war. Schon vor fünf Jahren (Jahrb. für Mineral. u. s. w. 1843. S. 515) habe ich einige Bedenken gegen die plutonische Metamorphose vorgebracht; jedoch die Möglichkeit zu zeigen gesucht, wie pseudomorphische Processe durch Hitze erfolgen können. Werfe ich aber die Frage auf, ob neptunische Formationen je in Verhältnisse gekommen sein können, welche eine solche Metamorphose möglich gemacht haben: so kann ich Zweifel nicht unterdrücken. Frage ich endlich, ob die Veränderungen und Umwandlungen, welche sich in Gesteinen auf der Erdoberfläche zeigen, das Resultat einer solchen Metamorphose sein können: so mufs ich mit einem entschiedenen Nein erwiedern. Dafs plutonisch-metamorphische Vorstellungen bis in das Lächerliche ausgeartet sind, wird kein Unbefangener in Abrede stellen, der den Uebertreibungen mancher der neueren Geologen gefolgt ist.

zerstörter glimmerhaltiger krystallinischer Gesteine seien, nicht in allen Fällen widersprechen kann: so dürfte doch der, von v. Dechen angeführte Glimmer in kleinen sechsseitigen Säulen und Tafeln im Porphyr schwerlich etwas anderes, als ein Product jener metamorphischen Processe auf nassem Wege sein. So leicht zerbrechliche Glimmerkrystalle können nicht bei der mechanischen und chemischen Zerstörung krystallinischer Gesteine erhalten und in sedimentären Gesteinen unzerstört wieder gefunden werden.

Das Vorwalten der Grundmasse und das Zurücktreten der Krystallausscheidungen in manchen Porphyren, und umgekehrt das Vorwalten dieser und das Zurücktreten jener in andern zeigt, wie die metamorphischen Processe, welche den Schiefer in Porphyr mit vorwaltenden Krystallausscheidungen umwandelten, eine lange ununterbrochene Reihe bilden. Wir würden daher irren, wenn wir die Metamorphose für den Act eines einzigen Processes halten wollten. In einem von Gewässern durchdringbaren Gesteine ist kein Stillstand in der Metamorphose: was in einer Periode gebildet worden, wird in der nächsten wieder zerstört, oder durch neue Bildungen ersetzt.

Offenbar sind Feldspathe in einer frühern Periode krystallinisch ausgeschieden und später wieder zersetzt oder durch Eisenoxydhydrat ersetzt worden. Wahrscheinlich hat auch das talkige Fossil den früher gebildeten Feldspath verdrängt, wofür die Pseudomorphosen des Specksteins und Talks nach Feldspath (S. 304 u. 306) sprechen. Die Quarzausscheidungen dürften die verschiedenen Zersetzungs-Perioden begleitet haben. Wir brauchen wenigstens nicht anzunehmen, dafs der Feldspath erst nach seiner krystallinischen Ausscheidung Material zur Ausscheidung von Quarz geliefert habe; denn die feldspathartige Grundmasse im Thonschiefer liefert durch ihre Zersetzung gleichfalls Quarz, wie die vielen Quarzgänge und Quarzadern in diesem Gesteine zeigen. Der Quarz in den Schnüren, welche den Porphyr durchsetzen, ist durch Gewässer hineingeführt worden; der im Thonsteine scheint aber das Product der Zersetzung des Feldspaths an Ort und Stelle zu sein.

Beachten wir, dafs in den am häufigsten vorkommenden

Porphyr-Varietäten die krystallinischen Ausscheidungen des Quarzes fehlen, dagegen in den viel selteneren der Quarz sich findet, und die krystallinischen Ausscheidungen des Feldspaths vermifst werden: so möchte man geneigt sein, jene Quarzausscheiduugen als den letzten Act metamorphischer Processe, und als das Resultat einer Zersetzung der in einer früheren Periode ausgeschiedenen Feldspathkrystalle zu betrachten. Indefs es ist auch möglich, dafs die metamorphischen Processe an verschiedenen Puncten einen verschiedenen Verlauf genommen, und am häufigsten die krystallinischen Feldspathausscheidungen stattgefunden haben.

Da in denjenigen Abänderungen der Porphyre, in welchen Feldspath und Quarz ausgeschieden sind, die Schieferparthieen und Flasern fehlen: so deutet diefs an, dafs da, wo jene beiden Fossilien in reichlichster Menge vorhanden waren, auch die metamorphischen Processe am kräftigsten von statten gegangen sind, und diefs ist eine nothwendige Verknüpfung.

Vielleicht, bemerkt v. Dechen, wird es sehr getadelt, dafs er den Namen Porphyr auch auf die schiefrigen Gesteinsabänderungen, besonders auf diejenigen anwendete, welche Feldspathkrystalle und Schieferparthieen enthalten. Allein bei den, Feldspath- und Quarzausscheidungen führenden Gesteinen kann man eine Trennung dieser beiden Abänderungen nicht festhalten, indem die allmäligsten Uebergänge aus der einen in die andere stattfinden, das schiefrige Gefüge sich stufenweise verliert, und gerade sehr grofse und bedeutende Massen sich auf diesen Uebergangsstufen befinden. Ueberdiefs haben auch ähnliche und sehr nahe stehende Gesteine, die mit Schalstein-Porphyr bezeichneten, welche in der Gegend von *Brilon* vorkommen, zu dieser Ausdehnung des Namens „Porphyr" geführt.

Dieser Schalsteinporphyr theilt mit den schiefrigen Porphyren der *Lenne*-Gegenden gleichfalls die Lagerungsverhältnisse; denn er bildet mit dem Schalstein und Mandelstein schmale Züge, welche mit den Gebirgsschichten parallel liegen. Er enthält Feldspathkrystalle und Parthieen von Schiefer und aufserdem noch eine grofse Menge runder Kalkspathkörner. Würde man diese, das Wesentliche des Schalsteins,

daraus entfernen, so erhielte man genau die im Vorhergehenden betrachteten Gesteine. Es kommen sogar schiefrige Gesteine mit vielen Quarzkörnern, einzelnen Feldspathflecken und Kalkspathparthieen vor. Diese Gesteine finden sich in Verbindung mit Schalstein, Mandelstein, Labrador-Porphyr. Die nahe Beziehung, in die sie mit den schiefrigen, Feldspath- und Quarz-haltenden Gesteinen der *Lenne*-Gegenden treten, ist unverkennbar.

Diese Beziehung tritt nicht minder in den Kalkspathkörnern hervor. Wo Feldspath-haltige Gesteine mit Säuren brausen, da sind wir im Labrador-Gebiete; denn dieser Feldspath ist es, der, durch die atmosphärische Kohlensäure zersetzt, die reichlichste Menge kohlensauren Kalkes liefert (Bd. I. S. 397).

Wenn die Durchsickerung der Tagewasser durch das Gebirgsgestein die Ursache der Umwandlungen der Thonschieferschichten ist, warum haben nicht sämmtliche Thonschieferschichten in der Grauwacke *Rheinland-Westphalen's* dieselbe Umänderung erlitten? — Diese Frage setzte einer meiner geologischen Freunde meinen Folgerungen entgegen. Es kann darauf nur erwiedert werden, meint derselbe, dafs entweder die umgewandelten Schichten von den Gewässern durchsickert wurden, aber nicht die sämmtlichen benachbarten, oder dafs jene eine, von diesen gänzlich abweichende chemische Zusammensetzung hatten. Beide Antworten scheinen ihm völlig unbefriedigend. Nach seiner Ansicht treten dieselben Schwierigkeiten, welche die Annahme einer plutonischen Metamorphose findet, auch der Annahme einer wässrigen entgegen. Eine allgemein auf die ganze Gebirgsmasse wirkende Ursache könne nicht blofs in einer einzigen Schicht Veränderungen hervorrufen und alle übrigen ungestört und unverändert lassen; mag diese Ursache die Wärme aus dem Erdinnern oder das Wasser aus der Atmosphäre sein. Es laufe alles darauf hinaus, ein besonderes Ereignifs und kein allgemeines nachzuweisen, welches auf einzelne Stellen, nicht aber auf die ganze Masse, welche dieselben umgab, wirken konnte.

Je mehr diese Einwendungen Gewicht haben, desto mehr fordern sie auf, sie, wo möglich, zu beseitigen.

Gehen wir von Erscheinungen aus, welche bald hier,

bald dort, bald in gröfserer, bald in geringerer Intensität sich zeigen, über deren Ursachen jedoch keine verschiedenen Meinungen obwalten. Eine dieser Erscheinungen ist der Verwitterungsprocefs, dessen Name schon andeutet, dafs es die Atmosphärilien sind, welche ihn veranlassen.

Sehen wir, wie dasselbe Gestein an einer Stelle bis zum gänzlichen Zerfallen verwittert, und an einer anderen unverändert erscheint: so müssen wir annehmen, dafs es, ungeachtet scheinbarer Gleichartigkeit, an verschiedenen Stellen doch ungleichartig ist, sofern die Atmosphärilien überall denselben ungehinderten Zutritt hatten.

Die Melaphyre in *Rheinbaiern*, die dort eine so bedeutende Verbreitung haben, zeigen solche Unterschiede in der Verwitterbarkeit auf eine ausgezeichnete Weise. In unmittelbarer Berührung findet man Melaphyre, die mit Säuren gar nicht oder kaum und andere, welche sehr stark brausen. Ist es unzweifelhaft, dafs dieses Brausen von dem, durch atmosphärische Kohlensäure in kohlensauren Kalk zersetzten Labrador herrührt: so mufs es auffallen, wie dieses in gleichen Verhältnissen gegebene Zersetzungsmittel so sehr ungleich wirken kann. Welche andere Erklärung bleibt übrig, als dafs die Gesteine, welche ein verschiedenes Verhalten zeigen, entweder ungleich in ihrer Beschaffenheit und Zusammensetzung oder ungleich in ihrer Durchdringbarkeit vom Wasser sind. Bei *Niederkirchen* schneidet die, von einem benachbarten Melaphyr-Rücken sich herabziehende Strafse tief in den, durch gänzliche Verwitterung des Gesteins entstandenen Grufs ein, und doch, am Fufse des Bergabhangs findet man wieder anstehenden Melaphyr, der fast völlig unverändert erscheint.

In den letzten basaltischen Ausläufern des *Siebengebirges* (*Bonn* gegenüber) findet man sehr häufig, dem Anscheine nach, unveränderte Basalte, auf deren Bruchflächen, nach dem Zerschlagen, einzelne, zerstreute Stellen, oft kleine Puncte sich zeigen, welche mit Salzsäure brausen, während die dazwischen gelegenen Parthieen nicht im mindesten reagiren. Diese Stellen finden sich nicht etwa blofs an den äufsern Grenzen der Basaltsäulen, sondern eben so häufig in der Mitte. Wie kam es hier, dafs die eingedrungenen Meteorwasser mit ihrem geringen Gehalte an atmosphärischer Kohlensäure nur an

diesen Stellen den Labrador zersetzt und kohlensauren Kalk in meist unsichtbaren Partikelchen gebildet haben? — Zufällige, der Beobachtung leicht entgehende Verhältnisse können Verschiedenheiten in dem Erfolge herbeiführen. Als ich vor einigen Jahren die Basalte des kleinen Kegels, der die Ruine *Godesberg* (eine Meile von *Bonn*) trägt, untersuchte, fiel mir auf, dafs die gegen Westen und Süden befindlichen Basalte nicht oder nur wenig mit Säuren brausten, wohl aber diejenigen, welche gegen Osten und Norden anstehen. Die Ursache dieses verschiedenen Verhaltens ist ohne Zweifel darin zu suchen, dafs der durch Zersetzung des Labradors gebildete kohlensaure Kalk auf der Wetterseite vom Regen weggespült wird, gegen Osten aber und besonders in einem Steinbruche, wo die Säulen gegen den Zutritt des Regenwassers durch eine überhängende Wand geschützt sind, sich erhält und den Basalt sichtbar überzieht. Solche und andere ähnliche Verhältnisse können auch im Innern der Gebirgsgesteine, selbst bei völliger Identität derselben, sehr ungleiche Zersetzungen herbeiführen.

Mit blofsen Augen wahrnehmbar zeigen sich solche ungleiche Zersetzungen in jenen basaltischen Ausläufern des *Siebengebirges*. Beim Durchschlagen noch ziemlich frischer Basalte findet sich nicht selten mitten in denselben ein kleiner, oft nur eine Linie grofser ochergelber Fleck, während ringsumher das Gestein ganz unverändert erscheint. Wie kam es, mufs man wieder fragen, dafs das eingedrungene Wasser gerade an einer solchen Stelle eine völlige Zersetzung des Augits oder Olivins veranlafst hat? —

Dafs in Gesteinen neben ganz frischen unveränderten Feldspathen andere völlig verwitterte vorkommen, davon finden sich im Vorhergehenden (S. 296 und 330) Beispiele.

Eine so verschiedene Zersetzbarkeit zeigt sich nicht blofs zwischen den einzelnen Individuen eines Fossils in demselben Gesteine, sondern auch bei einem und demselben Individuum. Es ist eine ganz gewöhnliche Erscheinung, dafs ein Krystall an verschiedenen Stellen sehr ungleich verwittert, an der einen schon völlig verwittert und an der andern kaum angegriffen ist. Kann es in dieser Beziehung eine auffallendere Erscheinung, als die (S. 296) beschrie-

bene, von innen nach aufsen fortschreitende Verwitterung des Feldspaths geben? — Wenn hinsichtlich der übrigen Umwandlungsprocesse verschiedenartige Ansichten herrschen: so dürfte doch die Verwitterung des Feldspaths und seine Umwandlung in Kaolin von allen Geologen ganz auf gleiche Weise erklärt werden. Sei es auch, dafs die verschiedenartigsten Potenzen herbeigezogen werden: so kann doch die Mitwirkung des Wassers nicht streitig sein. Da der unveränderte Feldspath wasserfrei ist, dagegen das mitten in demselben entstehende Kaolin 13,7 Procent Wasser enthält: so mufs dieses durch die Substanz des noch unversehrten Fossils gedrungen sein, ohne auf seinem Wege zersetzend gewirkt zu haben *). Hierbei mufs man wieder fragen, wie kommt es, dafs das Wasser auf seinem Wege nach dem Innern nicht zersetzend wirkte, sondern erst, nachdem es ein gewisses Ziel erreicht hatte?

Auf diese und die übrigen Fragen müssen wir die Antwort schuldig bleiben. Wir können nur erwiedern: es ist so, nicht aber, warum es so ist.

Zeigen sich aber blofs bei den eigentlichen Verwitterungsprocessen solche scheinbar widernatürliche, oder besser gesagt, unerklärliche Erscheinungen? — Auch die pseudomorphischen Processe gehen zum Theil von innen nach aufsen, zum Theil von aufsen nach innen vor sich (S. 190); auch die Verwitterung nimmt in sehr vielen Fällen den ersteren Weg. Die Umwandlung der Feldspathkrystalle in Speckstein (Bd. II. S. 226 und 305) geht eben so, wie ihre Verwitterung in Kaolin, von innen nach aufsen von statten. Doch zeigt sich bei jener Umwandlung auch das Umgekehrte (S. 305) und eben so beginnt die Umwandlung des Feldspaths in Glimmer und in Chlorit aufsen und schreitet nach innen fort (S. 252 und S. 304). In der That, ein so verschiedenes Ver-

*) Der Thon und die festeren Abänderungen des Kaolin, die Zersetzungsproducte des Feldspaths in den Granitgängen schiefriger Gesteine bei *Beresowsk* (G. Rose's Reise nach dem *Ural* Bd. I. S. 188) werden nach allen Richtungen von kleinen Gängen, Adern und Dendriten von Eisenerz durchzogen. Diese Gänge deuten ohne Zweifel den Weg an, den die Gewässer durch die Feldspathe nahmen, als sie zersetzend wirkten.

halten eines Fossils, bald von innen nach aufsen, bald von aufsen nach innen zersetzt und umgewandelt zu werden, gehört zu den merkwürdigsten Erscheinungen im Mineralreiche.

Vielleicht entgegnet unser geologischer Freund, dessen Einwendungen die in Rede stehenden Bemerkungen veranlafsten, dafs die angeführten Beispiele, welche ein so sehr verschiedenartiges Verhalten der Verwitterungs- und Umwandlungs-Processe zeigen, keinen eigentlichen Bezug auf das verschiedenartige Verhalten der verschiedenen Schichten des Thonschiefers hätten. Wenn aber krystallinische Gesteine, welche gleiche Gemengtheile enthalten, wenn sogar verschiedene Individuen desselben Fossils in solchem Gesteine, und was noch mehr sagen will, wenn derselbe Krystall an verschiedenen Stellen, sei es innen oder aufsen, oben oder unten, auf die verschiedenartigste Weise von Zersetzungs- oder Umwandlungsprocessen ergriffen wird: so ist doch wohl zu begreifen, wie auch ein sedimentäres Gestein an verschiedenen Stellen seines Vorkommens auf eine sehr verschiedenartige Weise zersetzt oder umgewandelt werden kann. Um so mehr ist diefs zu begreifen, da, der Natur der Sache nach, ein sedimentäres Gestein, wenn seine Bildung noch so ruhig und gleichförmig von statten gegangen ist, doch nicht so homogen wie ein krystallisirtes Fossil sein kann.

Indefs es lassen sich leicht Beispiele finden, welche ein überaus verschiedenes Verhalten sedimentärer Gesteine in ihrer Verwitterung darthun.

Der Quadersandstein, woraus das berühmte Felsenlabyrinth zu *Adersbach* in *Böhmen* mit seinen vielen Säulen, Kegeln u. s. w. entstanden ist, war unzweifelhaft einst ein geschlossenes Gebirge von gleichartiger sedimentärer Bildung. Gleichwohl hat der Verwitterungsprocefs auf eine sehr ungleichartige Weise das Gestein zersetzt. Frei stehende Säulen von weit über 100 Fufs Höhe, die zwischen sich grofse Zwischenräume lassen, sind die Ueberreste des ehemals geschlossen gewesenen Gebirges. Ihr Gestein mufs daher bei weitem weniger verwitterbar sein, als dasjenige war, welches zwischen ihnen zerstört worden ist. Zeigt diese sedimentäre Formation eine so aufserordentlich verschiedene Verwitterbarkeit und Zerstörbarkeit innerhalb sehr nahe gelegener Stel-

len: so kann es auch nicht befremden, dafs eine Thonschieferschicht einem Umwandlungsprocesse unterlegen ist, eine benachbarte nicht.

Der (Bd. 1. S. 456) angeführte Dachschiefer, welcher einen ochergelben Anflug hatte, der sich nach dem Auflösen in verdünnter Salzsäure immer wieder erneuerte, zeigte sich im äufsern Ansehen nicht im mindesten verschieden von andern Dachschiefern, die Jahrhunderte auf unsern Dächern liegen, ohne kaum einzelne ochergelbe Flecken zu bekommen. Kann es gleichwohl eine auffallendere Verschiedenheit zwischen der Oxydirbarkeit des Eisenoxydulsilicats in jenem und in diesen Schiefern geben? Ist man nicht berechtigt zu schliefsen, dafs eben so überaus verschieden, wie sich Gesteine gegen die Atmosphärilien verhalten, sie sich auch gegen die Gewässer verhalten können, von denen sie durchdrungen werden? — Ist es daher nicht denkbar, dafs eine Schieferlage völlig metamorphosirt werden könne, während eine benachbarte der Metamorphose widersteht? —

Wir sind daher der Ansicht, dafs mehr oder weniger leichte oder schwierige Durchdringbarkeit der Gesteine durch Gewässer, ihr ungleicher Aggregatzustand und chemischer Gehalt, verschiedene Bestandtheile der Gewässer, welche mit den Gesteinen in Berührung kommen, dafs alle diese bald einzeln, bald mit einander combinirt auftretenden Verhältnisse hier metamorphische Processe hervorrufen können, dort nicht.

Der Umstand, dafs die in den Porphyren noch vorhandenen Schieferpartbieen von sehr verschiedener Gröfse, manchmal nur Puncte sind, scheint darauf zu deuten, dafs die metamorphischen Processe noch keineswegs ihr Ende erreicht haben. Nur die Ansicht einer auf nassem Wege von statten gehenden Metamorphose läfst die Möglichkeit zu, dafs dieselbe noch jetzt fortschreiten könne; denn heute wie vor Jahrtausenden filtriren die Gewässer noch durch das Gestein. Dünne Flasern mit gezahnten und sich verlaufenden Rändern, wie v. Dechen die im Porphyr eingeschlossenen Schieferparthieen beschreibt, führen gewifs nur zur Vorstellung, dafs solche Reste von Gewässern, nicht aber vom Feuer abgenagt worden sind.

Wenn wir der Beschreibung von Verhältnissen, welche für die Regeneration der Feldspathkrystalle auf nassem Wege entschieden sprechen, eine etwas zu grofse Ausdehnung gegeben haben sollten: so hat v. Dechen's Abhandlung, die an dafür sprechenden Thatsachen so reich ist, dazu Anlafs gegeben. Es wird Niemand behaupten, dafs jene Verhältnisse nur eine locale Erscheinung seien, es ist gewifs nicht zu zweifeln, dafs sie sich unzählige Male wiederholen. Nur möchte eine Revision der Beschreibung ähnlicher Verhältnisse in andern Gegenden nöthig werden, um Gleichartiges oder Verschiedenartiges zu erkennen.

Diefs möchte, um das zunächst Gelegene in das Auge zu fassen, unter andern bei der Beschreibung der Gebirgsverhältnisse zwischen *Siegen* und *Dillenburg* der Fall sein. Nach Stifft *) setzt daselbst ein Grauwacke-Lager von etwas schiefriger Textur auf. Aufser Quarzkörnern und Glimmerschüppchen enthält es Fletschen von Schiefer, längliche Bruchstücke von Kieselschiefer und von Feldspathkrystallen so wie runde Körner von Bergkrystall. Feldspath und Bergkrystall sind sehr häufig durch die Masse gemengt. Sehr häufig finden sich ganz kleine Flecken eines sandigen Eisenoxydhydrats und wachsgelber Speckstein kommt ebenfalls in dünnen Blättern darin vor und meist dann, wenn das Gestein sich stark zum Schiefrigen neigt.

Dafs in diesem Gesteine bedeutende metamorphische Processe von statten gegangen sind, zeigen die eben erwähnten Zersetzungs- oder Umwandlungsproducte. Sollten jene Feldspathkrystalle wirklich nur Bruchstücke, oder nicht vielmehr regenerirte Feldspathe sein? — Eine Revision dieser Verhältnisse wird hierüber entscheiden.

Hausmann **) führt grauen und rothen Euritporphyr an, welcher die meiste Aehnlichkeit mit den *Westphälischen* Porphyren hat. Als krystallinische Einschlüsse des ersteren, in welchem die Grundmasse zurücktritt, werden Albit, Pinit, Fettquarz, Chlorit, selten Glimmer, und, als merkwürdiger Begleiter, Graphit genannt. Theils ist dieser Porphyr der Schich-

*) Geognost. Beschreibung des Herzogth. *Nassau*. S. 41.
**) Ueber die Bildung des Harzgebirges. *Göttingen* 1842. S. 115.

tung conform, theils und zwar häufiger davon abweichend und erscheint auch gangartig. Der rothe Euritporphyr enthält Albit, Fettquarz, Glimmer und Thalit. Schon Lasius wufste, dafs er an einigen Stellen zwischen den Grauwackenschichten liegt und mit ihnen gleiches Streichen und Fallen hat; dagegen durchsetzt er an einer andern Stelle die Schichten der Grauwacke.

Auch hier lassen die genannten krystallinischen Einschlüsse auf metamorphische Processe schliefsen, und die Regeneration des Albits auf nassem Wege scheint sich hier eben so entschieden zu zeigen, als die des Feldspaths in den *Lenne*-Gegenden.

In der grofsen Abtheilung des *Rheinischen* Grauwackengebirges, auf dem linken Rheinufer, sind kieselig-krystallinische Gesteine sehr selten. Vor einigen Jahren wurden indefs durch den Bergmeister Bauer und den Geschwornen Heinz, südwestlich von *Berncastel* auf der rechten Moselseite, ein quarzführender Porphyr gefunden, der sich in der Richtung des Gebirgsstreichens etwa 100 Lachter weit verfolgen läfst. Er enthält eine Menge schwarzer, dünner, grofser Glimmertafeln, weifse Feldspathflecke in geringerer Zahl und einzelne Quarzkörner. Dieses Vorkommen steht bis jetzt ganz vereinzelt da.

Weiter gegen Westen an der *Maas* findet sich im Gebiete des Dachschiefers und Quarzfelses ein porphyrartiges Gestein, welches ganz augenscheinlich wahre Schichten im Thonschiefer und in der Grauwacke bildet. Dasselbe ist den schiefrigen, Feldspath und Quarz führenden Porphyren *Westphalens* sehr ähnlich *). Bei *Laidfour* besitzt dieses Gestein eine hellgraue, hornsteinartige Grundmasse mit gelblich weifsen Talkschüppchen, einzelnen, runden Quarzkörnern und Feldspathkrystallen, meist in der Form von *Carlsbader* Zwillingen, häufig mit Talk überzogen. Bei *Deville* bildet dieses Gestein zwei getrennte Massen, die als Lager in dem umgebenden, dem Dachschiefer sehr nahe kommenden Schiefer liegen mögen. Die Grundmasse ist ein feinkörniger, schiefriger Quarz-

*) v. Dechen in Nöggerath's Rheinland-Westphalen. Bd. III. S. 193. und Hertha Bd. II. S. 534.

fels, auf den Schieferflächen finden sich viele grüne Glimmer- und Talkschüppchen; die Feldspathkrystalle sind gröfser und schöner, als bei *Laidfour*.

Naumann *) erwähnt Feldspath in sehr kleinen weifsen Krystallen als einen accessorischen Gemengtheil des Thonschiefers (zwischen dem Glimmerschiefer des höhern *Erzgebirges* und den älteren Sedimentbildungen, welche den Raum des *Erzgebirgischen* Bassins erfüllen), welcher nicht etwa eine besondere Gesteins-Varietät characterisirt, sondern in sehr verschiedenen Varietäten vorkommt. Nicht nur in dem glimmerschieferähnlichen, sondern auch in dem dunkelfarbigen, matten und erdigen, und in dem zum Dachdecken brauchbaren Thonschiefer, genug, in der ganzen Reihe vom entschiedensten Thonschiefer bis zum deutlichen Glimmerschiefer kommen diese kleinen weifsen Feldspathkrystalle vor. Sie finden sich sogar in dem Magneteisenerz-führenden Quarzschiefer bei *Burgstädtel*, der dort die Grenze zwischen Thon- und Glimmerschiefer bezeichnet. Man kann daher diese Feldspathkrystalle nicht wohl einer besondern Schiefer-Varietät überhaupt zuschreiben; vielmehr wird durch ihre Gegenwart die Varietät erst gebildet. Dagegen hat es den Anschein, als stände ihr Vorkommen mit den allgemeinen Lagerungsverhältnissen in genauem Zusammenhange, weil sie nur in der Nähe der Glimmerschiefergrenze, aber dort auch fast überall gefunden werden. Am vollkommensten ausgebildet und am weitesten verbreitet sind sie in der Gegend von *Zwönitz*. Durch ihr Auftreten im Thonschiefer, wie im Glimmerschiefer, erscheinen sie als ein, beide Gesteine innig verbindender Gemengtheil.

Wir sehen hier die Wiederkehr derselben Erscheinungen, wie in den *Lenne*-Gegenden; nur mit dem Unterschiede, dafs sich dort die Feldspathausscheidungen auf eine einzige oder doch nur sehr wenige, nahe gelegene Schichten im Thonschiefergebirge beschränken, während sie im *Erzgebirge* die bemerkte grofse Verbreitung haben. Ist es unerklärlich, wie das Centralfeuer dort einzelne Schichten umwandeln und be-

*) Erläuterungen zu der geognost. Charte des Königreichs Sachsen u. s. w. Heft. 2. Section XV. S. 263.

nachbarte unberührt lassen konnte: so tritt beim *Erzgebirgischen* Thonschiefer umgekehrt die grofse Masse und damit die grofse Schwierigkeit hervor, wie jenes Feuer im Stande gewesen sein sollte, solche mächtige Formationen durch und durch zu braten. In diesem Thonschiefer scheinen sich die Extreme: dunkelfarbiger, matter und erdiger, zum Dachdecken brauchbarer Thonschiefer einer Seits, und kleine, weifse Feldspathkrystalle anderer Seits, in einem noch höhern Grade, als im Thonschiefer der *Lenne*-Gegenden zu berühren. Schon eine mäfsige, aber sehr lange anhaltende Hitze, welche die Feldspathkrystalle aus der Masse ausgeschieden hätte, würde unzweifelhaft auch auf den Kohlenstoff des Schiefers gewirkt, wenigstens würde dieser Kohlenstoff eine theilweise Reduction des Eisenoxyds im Gesteine bewirkt haben und als Kohlensäuregas verschwunden sein.

G. Rose *) beschreibt folgende interessante Verhältnisse. Innerhalb der neuen Festung *Buchtarminsk* kommt Thonschiefer vor, den 1 bis 2 Zoll mächtige und häufig noch kleinere Granitgänge nach allen Seiten ganz netzförmig durchsetzen, sich erweitern und verdrücken, sich schaaren oder von einander losziehen und häufig nach oben zu ganz auskeilen. Der Granit dieser Gänge enthält, aufser schneeweifsem Feldspathe und graulichweifsem Quarze auch silberweifsen Glimmer. Am Thonschiefer schneiden alle diese kleinen Gänge scharf ab. Er selbst ist auffallend glimmerreich; die Glimmerblättchen liegen immer parallel mit der Schichtung, und nur da parallel mit den Gängen, wo diese selbst den Schichten parallel laufen. Stellenweise wird er aber merkwürdig körnig und besteht dann aus einem feinern Gemenge von Feldspath und Glimmer, in welchem wieder gröfsere Glimmerblättchen liegen. An einer andern Stelle erscheint Thonschiefer, fast wie ein Gang, im umgebenden Granit. Zwei ähnliche schmälere Gänge von gleichem Streichen, wie der Thonschieferstreifen, bestehen aus einem feinen, förmlich granitischen Gemenge aus vorwaltendem schwarzem Glimmer mit Albit und Feldspath, in welchem einzelne graulichweifse Quarzkörner und Feldspathkrystalle von etwa 2 Linien Gröfse

*) Reise nach dem Ural Bd. I. S. 586.

liegen. G. Rose kann diese Gänge für nichts anderes halten, als für grofse Streifen oder Stücke eingemengten Thonschiefers, die nur in höherem Grade, wie der zuerst erwähnte, durch Einwirkung des umgebenden Granits zu einem feinkörnigen granitähnlichen Gemenge geworden sind *).

Am Ufer des *Irtysch* fand G. Rose ähnliche Verhältnisse. Granit erschien gleichfalls in grofsen Massen zwischen Thonschiefer und wie bei *Buchtarminsk* in horizontalen Lagen abgesondert. Der Thonschiefer war auch nicht selten von Gängen durchsetzt, deren Granit dem von den Gängen bei *Buchtarminsk* vollkommen glich. Er war gleichfalls bald fein - bald grobkörnig und zeichnete sich ebenso durch seinen weifsen Glimmer aus, während der in Massen anstehende Granit schwarzen Glimmer enthielt. Auch hier war der Thonschiefer in der Nähe des Granits voller Glimmerblättchen, die parallel mit seinen Schichten lagen. Der massige Granit stand häufig mit senkrechter Grenze neben dem Thonschiefer an, und hing zuweilen förmlich über ihn hin, wie man besonders an einer Stelle sehen konnte. Späterhin aber bedeckte der Granit den Thonschiefer gänzlich.

Unmöglich ist zu denken, dafs die netzförmig verzweigten kleinen Spalten im Thonschiefer durch feuerflüssige Massen von unten herauf ausgefüllt worden sein konnten. Diese Massen, noch so heifs und dünnflüssig gedacht, hätten unmöglich durch kalte Spalten, 1 bis 2 Zoll und häufig noch minder mächtig, aufsteigen können, ohne zu erstarren, ehe sie nur einige Fufs hoch in ihnen emporgequollen wären.

In andern Gebirgen wiederholen sich ähnliche Erscheinungen. So findet sich eine feinkörnige, scharf abgesonderte Granitmasse in den Zerklüftungen im Hornsteine am *Rehberger Graben*, auf der Südseite des *Brockens*. Sie verzweigt und

*) G. Rose bemerkt: diese Erscheinung möge häufiger vorkommen, als man vermuthet. Auf eine gleiche Weise mögen unter andern vielleicht alle die scharfbegrenzten Stücke feinkörnigen Granits, die man so häufig in den Granitplatten auf den Bürgersteigen *Berlin's* findet, zu erklären sein. Auch diese Stücke sind durch einen grofsen Reichthum von Glimmer ausgezeichnet.

verästelt sich mannichfach, nach dem Verlaufe dieser Klüfte, hoch in den Felsen hinauf, zuletzt oft in ein feines Geäder auslaufend, in welchem Granitblättchen kaum mehr noch die Stärke des feinsten Papierstreifens besitzen *). Bei solchen Dimensionen von Granitadern schwindet jede Vorstellung von einem Eindringen feuerflüssiger Massen.

Mit G. Rose bezweifeln wir nicht im mindesten die Möglichkeit einer Umwandlung des Thonschiefers in Granit. Wie ist aber zu begreifen, dafs diese Umwandlung gleichsam in einem Adernetze jenes Gesteins stattgefunden habe? — Waren es ursprünglich feine Spalten, welche den Thonschiefer durchzogen, flossen durch dieselben Gewässer, welche die Umwandlung in Gesteine so weit seitwärts bewirkten, als sie in dasselbe drangen? — Gerade das Unregelmäfsige in diesen Gängen, das Erweitern, das Verdrücken u. s. w. würde einer solchen Vorstellung das Wort reden. Verwirft man diese Vorstellung, so bleibt, wie uns scheint, keine andere übrig, als dafs diese Spalten gerade so ausgefüllt wurden, wie die Quarzgänge, dafs nämlich die Gewässer, welche die Bestandtheile des Granits aufgelöst enthielten, durch die Spalten sickerten und granitische Absätze bildeten.

Diefs wird den Geologen von der plutonischen Schule allerdings als das Extrem des Ultraneptunismus erscheinen. Können sie aber von dem vorhin erwähnten Hornfels eine andere Vorstellung haben, als dafs er ein Thonschiefer ist, der durch Gewässer umgewandelt wurde, welche Kieselsäure aufgelöst enthielten? — Wenn nun im Gesteine selbst solche Processe auf nassem Wege von statten gingen, sind dann nicht ähnliche in den Spalten, in denen die Gewässer den leichtesten Zutritt hatten, zu begreifen? — Auch im Hornfels erscheinen Glimmerblättchen, Feldspathmasse und Quarz.

G. Rose schreibt die Umwandlung grofser Streifen oder Stücke eingemengten Thonschiefers in ein feinkörniges granitähnliches Gestein der Einwirkung des umgebenden Granits zu. Wahrscheinlich hat er hierbei eine plutonische Einwirkung des aus der Tiefe aufgestiegenen feuerflüssigen oder glühenden Granits im Sinne. Wie hätten aber die Wirkun-

*) Fr. Hoffmann in Poggend. Annal. Bd. XVI. S. 526.

gen der Hitze sich in solchen netzförmigen Verzweigungen äufsern können? — Wie hätte unter diesen Umständen der Thonschiefer seine, auf organische Ueberreste deutende, graulichschwarze Farbe bewahren können, da er und ähnliche Gesteine in allen Fällen, wo sie der Glühehitze ausgesetzt werden, gleich gebrannten Ziegeln mehr oder weniger roth werden? Der plutonischen Hypothese günstig wird man den Umstand halten, dafs der Thonschiefer in der Nähe des Granits voller Glimmerblättchen ist. Wie es aber gekommen wäre, dafs sich diese Blättchen, wenn die Hitze des Granits sie aus den Bestandtheilen des Thonschiefers hervorgerufen hätte, parallel seinen seiger einfallenden Schichten gelagert hätten, will uns nicht einleuchten. Dieser Parallelismus ist aber zu begreifen, wenn die Glimmerblättchen durch eine Metamorphose auf nassem Wege entstanden sind, da die Gewässer in der Richtung der Schichtungsflächen zu fliefsen pflegen.

Wo, wie am *Irtysch*, der Granit über den Thonschiefer herabhing oder ihn sogar gänzlich bedeckte, da hätte sich die plutonische Metamorphose von oben herab ziehen und sich mit der Entfernung vom Granit nach und nach verlieren müssen. Statt dessen sagt aber G. Rose: „auf dem *Irtysch* entlang fahrend, konnten wir diese interessante Erscheinung (die Bedeckung des Thonschiefers durch Granit) mit völliger Mufse und während einer langen Zeit betrachten; überall war die Grenze des Thonschiefers und des Granits, die durch die Farbe schon so verschieden waren, scharf und deutlich zu sehen.“ Warum würde sich hier nicht der Thonschiefer, wenigstens an den Berührungsflächen, in Granit umgewandelt haben, wenn eine solche Umwandlung möglich, und wenn letzterer wirklich im feuerflüssigen Zustande aus der Tiefe aufgestiegen wäre? — Feuerflüssig, ja sehr dünnflüssig hätte er sein müssen, wenn er auf weiter Strecke über den Thonschiefer hätte fliefsen sollen. Dabei hätte es nicht fehlen können, dafs diese dünnflüssige Masse in Spalten des Thonschiefers von oben herab eingedrungen wäre, und dafs Granitgänge sich gebildet hätten. Allerdings spricht G. Rose von grofsen Gängen, welche die Felsen durchsetzen. Der Granit in diesen Gängen zeichnet

sich aber durch weifsen Glimmer aus, während der anstehende Granit schwarzen enthält. Beide Granite können daher keinen gemeinschaftlichen Ursprung haben, und damit ist auch die Möglichkeit abgeschnitten, dafs sich jener Granit als feuerflüssige Masse über den Thonschiefer gelagert haben könne.

Kommen wir nochmals auf die, nach G. Rose's Bericht, unbestreitbare Thatsache zurück, dafs Thonschiefer in Granit umgewandelt werden kann, und ist von chemischer Seite nichts dagegen zu erinnern, kann sich aus einem sedimentären Gesteine Feldspath und Quarz auf nassem Wege ausscheiden, und können sich verschiedene Fossilien auf demselben Wege in Glimmer umwandeln: so steht einer Umwandlung des Thonschiefers in Granit durch eine Metamorphose auf nassem Wege nichts entgegen.

Sehr merkwürdige Verhältnisse beschreibt Studer *). Auf dem östlichen Gebirgskamme des Thales von *Churwalden* in *Bündten* liegt auf dem, mehrere tausend Fufs mächtigen grauen Schiefer, mit organischen Ueberresten der jüngeren Secundärzeit, weifser Quarzit (Quarzfels) von glänzenden bunten Thonblättern durchzogen, mit Drusen von Bergkrystall und, durch Aussonderung von Feldspath und Aufnahme von Glimmer, in Gneifs übergehend. Auf den Quarzit, als oberste Decke, folgt wieder grauer Schiefer **).

Oestlich von *Schams* in *Bündten*, auf einer mehr als tausend Fufs mächtigen Grundlage von grauem Flysch, liegt horizontal weifser Marmor, bei hundert Fufs hoch. Durch Aufnahme von Talk und Quarz entwickelt sich an seiner obern Grenze ein Conglomerat von Marmor- und Quarzmandeln durch grünen Talk verkittet, aber auch in zarten Adern und Nestern so innig damit verwachsen, dafs die Annahme einer rein mechanischen Entstehung unmöglich ist. Dann erscheinen zugleich mit jenen Mandeln grofse Feldspathzwillinge und weifse Glimmerblättchen. Je häufiger der Feldspath sich einmengt, desto mehr tritt der Kalk zurück, und im Fortstrei-

*) Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geologie. Kap. II. S. 137.

**) S. 150 ff. sind ähnliche merkwürdige Metamorphosen beschrieben.

chen ist die Masse ein ausgezeichneter Gneifs geworden, worin stets der frühere grüne Talk und die Quarzmandeln die Hauptgemengtheile bilden. Entfernt von jedem krystallinischen Feldspathgebirge läfst sich eine ähnliche Umwandlung auf den Gebirgen von *Glarus* beobachten *).

Während es wohl nicht zu bezweifeln ist, dafs im Thale von *Churwalden* der Schiefer in Quarzit und in Gneifs umgewandelt wurde, indem die feldspathige Grundmasse im ersteren durch ihre Zersetzung Quarz und durch krystallinische Ausscheidung Feldspath lieferte, ist es schwieriger einzusehen, welches Gebirgsgestein das Material zu den grofsen Feldspathzwillingen auf dem Marmor hergab. Dafs indefs auch hier ein ähnlicher Procefs, wie dort stattgefunden habe, ist aus dem Vorkommen der Quarzmandeln zu schliefsen. Wenn Studer ganz richtig die zarten Adern und Nester als Beweise gegen eine mechanische Entstehung ansieht: so beweisen sie aber gerade, dafs nur an Processe auf nassem Wege zu denken ist.

Mit Recht legt er ein Gewicht darauf, dafs an mehreren Orten die, in sedimentären Formationen regenerirten Feldspathe, entfernt von jedem krystallinischen Feldspathgebirge vorkommen, oder dafs wenigstens metamorphische Gesteine, durch mächtige Lagerfolgen unveränderter Steinarten von jeder eruptiven Masse, so wie von den hohen Temperaturen des Erdinnern getrennt, zuweilen die äufserste Decke nicht umgewandelter Gebirge bilden, oder wiederholt mit Lagern abwechseln, auf welche der metamorphische Einflufs sich nicht ausgedehnt habe. Diese Verhältnisse dürften ein grofses Aergernifs für diejenigen Geologen sein, welche überall in der Nähe metamorphischer Gesteine plutonische wittern, und zufrieden sind, wenn sie solche auch erst in meilenweiter Entfernung finden **), gleichsam als wenn die Gesteine wie Miasmen

*) A. a. O. S. 151.

**) So soll sich die Veränderung des Kalks und Thonschiefers bei *Christiania* bis über 1000 Fufs, nach Durocher sogar über 3000 Fufs weit erstrecken u. s. w. Vergl. Studer a. a. O. S. 127. In dem Werke eines ausgezeichneten englischen Geognosten erinnere ich mich von einem metamorphischen Gestein gelesen

wirken, oder ihren Samen, wie die Tannen, durch die Luft fliegen lassen könnten. Solche Geologen haben wohl nie ihre Hand an das äufsere Gemäuer eines Hohofens gelegt, welches selbst nach einer, Jahre lang anhaltenden starken Hitze im Schachte sich doch nur wenig erwärmt.

Es gehört zu den unbegreiflichen Dingen, wie die Hypothese einer plutonischen Metamorphose ganzer Gebirgsformationen in der Geologie Platz greifen und Bürgerrecht erlangen konnte *). Es ist um so unbegreiflicher, da die Erd-

zu haben, dessen Metamorphose einem benachbarten Basalte zugeschrieben wurde. Als ich auf der Charte nachsah, fand ich aber diesen Basalt fast eine Meile von jenem Gesteine entfernt. Wie man solche Wirkungen der Wärme mit den Gesetzen ihrer Verbreitung im Raume in Uebereinstimmung bringen will, vermögen wir in der That nicht einzusehen. Vergleicht man damit, dafs (ebend. S. 158) am *Mettenberg* bei *Grindelwald* Kalkschichten von kaum mehr als 1 Zoll Dicke, auf beiden Seiten von Gneifs umschlossen, weder ihre graue Farbe, noch den unkrystallinischen, sedimentären Character verloren haben, dafs deutlich erhaltene Belemniten und Ammoniten sich fast an den Contactflächen finden; vergleicht man damit ferner, dafs (ebend. S. 124) der Alaunschiefer bei *Christiania* in Berührung mit rothem Feldspathporphyr selbst dann keine Veränderung erlitten hat, wenn nur eine Linie dicke Schieferlagen auf beiden Seiten vom Porphyr umschlossen sind: so mufs man fragen, wie erklären die plutonischen Metamorphisten, dafs einmal die Hitze beim unmittelbaren Contact nicht, und ein andermal in 3000 F. Entfernung wirkte? Jeder Gedanke an eine plutonische Metamorphose des Gneifses oder gar an sein lavaartiges Aufsteigen und Eindringen zwischen sedimentäre Bildungen mufs man, nach solchen Erfahrungen, ein für allemal fallen lassen.

*) Der Behauptung von Schafhäutl (n. Jahrb. für Mineralogie u. s. w. 1845. S. 861), „dafs ein gegenwärtig chemisch und mechanisch todtes (starres) Gestein das andere (starre) mit demselben in Berührung stehende vor undenklichen Zeiten metamorphisirt habe, sei aller Analogie und allen logischen Principien zuwider," können wir daher nur beitreten. In wie fern und mit welchen wesentlichen Modificationen seine darauf folgende Bemerkung, „dafs keineswegs zu läugnen sei, wie im Innern der Erde noch stets chemische Zersetzungen und Verbindungen durch die Wirkung der Atmosphärilien vor sich gehen" gegründet sei, davon werden dieses und frühere Kapitel Zeugnifs geben.

oder Kohlenbrände gute Gelegenheit darbieten, die Wirkungen lange anhaltender Hitze auf Gesteine kennen zu lernen. Welche Erscheinungen nimmt man aber dort wahr? — Bituminöse Gesteine entfärben sich durch Zerstörung und Verflüchtigung des Bitumens. Bei einem Brande im bituminösen Liasschiefer bei *Kirchheim* in *Würtemberg* wurde derselbe sehr verändert und wie Armenischer Bolus gefärbt. Eisenhaltige Schichten färben sich bunt. Der Kohlensandstein wird bandartig weifs und roth gestreift. Der Kohlenschiefer von *Wettin*, dessen bläulichgraue Farbe sich im Innern erhalten hat, erscheint auf der Aufsenfläche röthlich. Zu *Dutſweiler* und in einigen *böhmischen* Orten findet man den Kohlenschiefer und plastischen Thon, gleich gebrannten Ziegeln, durch und durch roth. Wo derselbe dem Heerde des Erdbrandes sehr nahe liegt, verwandelt er sich in Porcellanjaspis (*Duttweiler* bei *Saarbrücken*, *Planitz* in *Sachsen*, *St. Etienne* bei *Lyon* u. s. w.) *).

Zeuschner **) spricht von einem Diorit von *Kattowice* in *Oberschlesien*, der durch einen ehemaligen Grubenbrand entstanden sein soll. Allein nach gefälligen mündlichen Mittheilungen von Nöggerath und v. Carnall ist dieses Gestein nichts weniger als Diorit. Zwischen den gewöhnlichen Producten der Erdbrände, Porcellanjaspis, gebrannter Schieferthon und Erdschlacken, kommen nur einige Lagen von stark geglühten feinen Sandsteinen und Schieferthonen vor, welche von Eisenoxydul grün gefärbt sind, und defshalb eine entfernte Aehnlichkeit mit sehr dichten Dioriten haben.

Zeigt sich in Gebirgsgesteinen, welche einer plutonischen Metamorphose ausgesetzt gewesen sein sollen, auch nur eine Spur solcher Veränderungen, wie sie die Kohlenbrände hervorbringen? Müfsten sich nicht im Kohlenschiefer oder Schieferthon, der in seiner Zusammensetzung dem Thonschiefer so ähnlich ist, ähnliche Veränderungen, wie im metamorphosirten Thonschiefer zeigen, wenn letzterer gleichfalls durch Hitze umgewandelt worden wäre? Hat man jemals in dem durch Kohlen-

*) v. Leonhard's Basaltgebilde. Abth. II. S. 469. und Bronn's Handb. der Gesch. d. Natur. Bd. II. S. 640.

**) N. Jahrb. für Mineralogie. Jahrg. 1838. S. 582.

brände veränderten Kohlenschiefer einen einzigen Feldspathkrystall gefunden? — Mein verehrter Freund Nöggerath, der sowohl im Steinkohlengebirge *Oberschlesien's*, wie im Braunkohlengebirge *Böhmen's* sehr viele alte und neue Erdbrände untersuchte, bemerkte nie eine krystallinische Umwandlung in den Gesteinen.

Man wende nicht ein, die Zeit der Einwirkung des Feuers sei dazu viel zu kurz. Der sogenannte brennende Berg bei *Duttweiler* ist schon seit 185 Jahren im Brande. Zeigt sich während eines so langen Zeitraums keine Tendenz zu einer Feldspathausscheidung: so ist wenig Hoffnung vorhanden, dafs Feldspathkrystalle nach Jahrtausenden zum Vorschein kommen werden.

Auch die beliebte Hypothese, wonach Wasserdämpfe das metamorphische Mittel zur Umwandlung der sedimentären Gesteine in krystallinische sein sollen, würde schon längst ihre Beseitigung gefunden haben, wenn man beachtet hätte, welche Wirkungen sich am Gesteine zeigen, wo sie hervorströmen.

Aus den Spalten des Schieferthons auf dem brennenden Berge in *Duttweiler* strömen so viel Wasserdämpfe, dafs bei kaltem und feuchtem Wetter der ganze Thalkessel in dicke Nebel eingehüllt ist. Aus einigen Spalten strömt eine mit Wasserdämpfen und etwas Schwefligsäuregas gemengte atmosphärische Luft, deren Temperatur, nach meinen Beobachtungen, von 80° bis 158° R. steigt. Aufser den vorhin benannten Veränderungen des Schieferthons, aufser Sublimationen von Schwefelkrystallen und Salmiak zeigen sich aber keine andere Veränderungen *).

Die Suffioni (Bd. I. S. 669) bringen in dem bei *M. Rotondo* anstehenden Jaspis und Hornstein keine andere Veränderung hervor, als dafs sie die rothen und dunkelgrauen Farben bleichen, das dichte Gefüge auflösen, wodurch das Gestein zellig wird und zuletzt in Pulver zerfällt. Eben so zersetzend wirkt, nach Darwin, geruchloser Wasserdampf auf den Trachyt von *Terceira*: das Gestein wird zu weifsem feinerdigem Thone, Kieselsäure wird ausgezogen und als Hyalith

*) Neue Jahrb. für Mineral. u. s. w. Jahrg. 1839. S. 512 ff.

wieder abgesetzt. Aehnliche zersetzende Wirkungen beobachtete Junghuhn im *Telega-Leri*, auf *Java*, in einem ganz von Wasserdämpfen durchwühlten Sumpf.

Die Wasserdämpfe wirken also, wie schon oben (S. 327) bemerkt wurde, nur zersetzend, nirgends rufen sie krystallinische Bildungen hervor.

Nachtrag zu S. 292.

Kersten *) analysirte einen Oligoklas aus dem Hornblendegestein von der Kuppe des *Hamelikaberges* bei *Marienbad*, der, im Gegensatze mit den bisherigen Erfahrungen, von Salzsäure ein wenig angegriffen wurde, indem dieselbe Thonerde und Spuren von Kalk auszog. Ein Feldspath aus einem dortigen Granit, welchen Kersten für Labrador (?) hielt, wurde als feines Pulver von Salzsäure völlig zerlegt, wobei sich die Kieselsäure als Pulver abschied. Drei Labradore aus der Gegend von *Egersund* zerlegte Kersten **) gleichfalls vollständig mittelst concentrirter Salzsäure und Schwefelsäure in der Wärme. In einem Moore beim alten Badehause in *Marienbad* fanden sich Albitparthieen, welche vielleicht eine lange Reihe von Jahren der Einwirkung der sauren, aus dem Moore sich auslaugenden Flüssigkeit ausgesetzt waren, in eine kaolinartige, breiige Masse umgewandelt, während Orthoklas nicht im mindesten zersetzt zu sein schien. Durch Auslaugen jener Masse erhielt Kersten beträchtliche Quantitäten von kohlensaurem und schwefelsaurem Natron.

Nachtrag zu S. 302.

Wolff ***), welcher mehrere zersetzte Feldspathe des Knollensteins bei *Halle* analysirte, fand, dafs dieselben, wie die von *Brongniart* und *Malaguti* untersuchten Kaoline, eine gewisse Quantität chemisch ausgeschiedener, aber mechanisch beigemengter Kieselsäure enthalten. Die überschüssige Kiesel-

*) N. Jahrb. 1845. S. 648 ff.

**) Poggend. Annal. Bd. LXIII. S. 123.

***) Journ. für pract. Chemie. Bd. XXXIV. S. 221.

säure war aber nicht in verdünnter Kalilauge auflöslich. Sie schien daher an Alkali und vielleicht an einen Theil der Thonerde so gebunden gewesen zu sein, dafs sie weder von Wasser, noch von verdünnter Kalilauge, wohl aber von heifser concentrirter Schwefelsäure angegriffen wurde.

In Uebereinstimmung mit der Analyse des Kaolin von der *Aue* von *Brongniart* und *Malaguti* (S. 301) fand auch Wolff, dafs dasselbe keine chemisch ausgeschiedene Kieselsäure mechanisch beigemengt enthält, wenigstens, dafs letztere von Kalilauge nicht für sich allein aufgelöst wird.

Kap. II.

Andalusit und Cordierit.

Wir lassen nach der Reihe diejenigen Fossilien folgen, welche durch pseudomorphische Processe in Glimmer umgewandelt werden können.

A. Andalusit und Chiastolith.

Bunsen *) zeigte, dafs diese beiden Fossilien identisch sind oder höchstens nur als Varietäten von einander betrachtet werden können. Nach den Analysen des Andalusits von der *Lisenser Alpe* in *Tyrol* von Bunsen (*a*) und A. Erdmann **) (*b*) und des Chiastoliths von *Lancaster* in den *Vereinigten Staaten* von ersterem (*c*) ist die Zusammensetzung dieser Fossilien.

	(*a*)	(*b*)	(*c*)	
Kieselsäure . . .	40,17	39,99	39,09	3 At.
Thonerde	58,62	58,60	58,56	4 „
Eisenoxyd . . .		0,72		
Manganoxyd . . .	0,51	0,83	0,53	
Kalk	0,28		0,21	
Flüchtige Stoffe			0,99	
	99,58	100,14	99,38	

Die bedeutenden Differenzen in den früheren Analysen rühren wahrscheinlich von dem mehr oder minder zersetzten und

*) Poggend. Annal. Bd. XLVII. S. 186.

**) Berzelius Jahresb. Bd. XXIV. S. 311.

verunreinigten Zustande her, welcher sich bei diesen Fossilien schon in ihren anderweitigen Characteren, in der Härte u. s. w. äuſsert (Rammelsberg). Am auffallendsten ist der von Vauquelin *) gefundene Kaligehalt von 8 Procent.

Abweichend von obiger Zusammensetzung, aber unter sich ziemlich übereinstimmend, fanden Bucholz **) den Andalusit von *Herzogau* in *Baiern* (*a*), Svanberg ***) den von *Fahlun* (*b*) und Kersten †) den von *Munzig* im *Triebischthale* in *Sachsen* (*c*) zusammengesetzt.

	(*a*)	(*b*)	(*c*)	
Kieselsäure . . .	36,5	37,65	37,51	2 At.
Thonerde	60,5	59,87	60,01	3 „
Eisenoxyd . . .	4,0	1,87	1,49	
Kalk		0,58	0,48	
Magnesia . . .		0,38		
Manganoxyd . . .			0,46	
	101,0	100,35	99,95	

Da dieſs nahe die Zusammensetzung des Cyanits (Disthen) ist, und dieser als Pseudomorphose nach Andalusit vorkommt: so entsteht die Frage, ob nicht jene Fossilien in Cyanit umgewandelte Andalusite seien, oder ob letztere von zweifach verschiedener Zusammensetzung vorkommen (Rammelsberg)? Der von Kersten untersuchte Andalusit war völlig rein und nicht im mindesten zersetzt.

Der Andalusit findet sich am häufigsten im Glimmerschiefer und im Gneiſse; seltener im Granit, Serpentin, Quarzfels und auf Magneteisen-Lagerstätten im Gneiſse. Theils kommt er krystallisirt, theils derb mit körniger oder stängeliger Zusammensetzung vor.

Der Chiastolith findet sich bei weitem am häufigsten im Thonschiefer; zu *Majos* in *Brasilien* und im Thale von *Cinca* und von *Pragnères* in den *Pyrenäen* kommt er in einem,

*) Brongniart Traité de Minéral. I. 365.

**) v. Moll's Ephemeriden. Bd. IV. S. 190.

***) Berzelius Jahresbericht. Bd. XXIII. S. 279.

†) Jahrb. für den sächs. Berg- und Hüttenmann. 1846. S. 33.

in Thonschiefer übergehenden Glimmerschiefer vor. Er erscheint immer krystallisirt, und die Krystalle haben das Eigenthümliche, in der Mitte eine rhombische Höhlung zu besitzen, deren Seiten parallel mit den Krystallseiten laufen, und die mit der Masse des umgebenden Thonschiefergesteins ausgefüllt sind. Schwarze Zeichnungen im Chiastolith, welche bald aus einer kohligen Substanz, bald aus Thonschiefermasse, bald aus beiden zugleich zu bestehen scheinen, rühren vom Muttergesteine, vom Thonschiefer, her.

Das Vorkommen des Chiastoliths im Thonschiefer, sogar mit Versteinerungen, (*Bretagne*) sein Gehalt an flüchtigen Stoffen bis zu 1 Proc., nach Bunsen, beseitigt jeden Zweifel an seiner Bildung auf nassem Wege. Entweder lieferte der durch Säuren zersetzbare Antheil, welcher, im Verhältnisse zur Kieselsäure eine reichliche Menge Thonerde enthält, oder der durch Säuren nicht zersetzbare feldspathige Antheil im Thonschiefer das Material zu seiner Bildung.

B. Cotta *) theilt dem Granit die Rolle zu, den Grauwackenschiefer bei *Kornbach* und *Gottmannsberg*, unweit *Gefrees* im *Fichtelgebirge*, mit Chiastolith gespickt, und zum Theil gebraten zu haben. „Im Grofsen und flüchtig betrachtet, setzt er jedoch hinzu, sieht es freilich fast so aus, als könnte der Granit hier in seiner Nachbarschaft den Grauwacken- und Thonschiefer in Gneifs und Glimmerschiefer umgewandelt haben. Aber warum sind nur jene Schiefer bei *Kornbach* mit Chiastolith gespickt, und nicht in Gneifs umgewandelt? — Warum ist der Gneifs zuweilen das entfernteste Glied vom Granit? — Warum ist überhaupt der schmale Grauwackenschiefer-Streifen von *Metzgersreuth* über *Zell* und *Rennersreut* bis *Volkenreut* zwischen dem Glimmerschiefer ganz unverändert geblieben, mit Ausnahme der Chiastolith-Einmengung bei *Kornbach*? — Wie endlich geht es zu, dafs der Gneifs, nicht der Granit, am *Goldberge* bei *Goldkronach* deutliche Grauwackenschiefer - Stücke umschliefst? — Die ganze Grauwackenschiefer - Parthie von *Goldkronach* scheint sogar eine grofse Scholle im Gneifse zu sein; denn ihre Grün-

*) N. Jahrb. Jahrg. 1843. S. 173 u. 175.

stein-Gänge setzen nicht in den Gneiſs fort, was bei ihrer Mächtigkeit gewiſs sehr merkwürdig ist.“

Diese Fragen genügend zu beantworten, möchte der Ansicht einer feuerflüssigen Metamorphose sehr schwer werden. Auffallend erscheint es, daſs sich die Metamorphose nur auf die Krystallisation des Thonerdesilicats im Thonschiefer beschränkt haben soll, auf eine krystallinische Bildung, die wir in den krystallinischen Gesteinen selbst nicht finden.

Das Vorkommen des Andalusits im Granit scheint es zweifelhaft zu lassen, ob er eine ursprüngliche oder eine secundäre Bildung sei. Da er sich zu *Lisens* in einem grobkörnigen granitischen Gesteine findet, wo er im Gemenge mit Quarz und Glimmer die Stelle des Feldspaths zu vertreten scheint *), da er auch im Feldspath eingewachsen vorkommt: so möchte man daraus schlieſsen, daſs er durch Zersetzung des letzteren entstanden sei. Bis jetzt hat man freilich noch keinen Andalusit in Formen von Feldspath gefunden; an der Möglichkeit einer solchen Umwandlung kann man aber nicht zweifeln, da eben so, wie letzterer in ein wasserhaltiges Thonerdesilicat, in Kaolin, umgewandelt wird, er wohl auch in ein wasserfreies, in Andalusit, umgewandelt werden kann. Subtrahirt man von 4 At. Feldspath 1 At. Andalusit, so bleiben zwei Kalisilicate, wovon das eine aus 1 At. Kieselsäure mit 3 At. Kali, und das andere aus 12 At. Kieselsäure mit 1 At. Kali besteht: zwei Verbindungen, wie sie wirklich dargestellt worden sind (Bd. I. S. 817 und 818). Zersetzt sich indeſs der Feldspath so, daſs sein Kali (16,66 Procent) als Carbonat fortgeführt wird: so zerfällt er in 30,35 Procent Andalusit und in 53 Procent Kieselsäure. Das so häufige Vorkommen des Andalusits, so wie des Chiastoliths in Quarz-reichen Parthieen **) spricht zu Gunsten einer solchen Zersetzung. Daſs sich auf nassem Wege wasserfreie Thonerdesilicate bilden können, haben wir (Bd. I. S. 802) bemerkt.

*) v. Senger Versuch einer Oryktographie von Tyrol. 1821. S. 26 ff.

**) In *Algerien* kommen sehr viele Chiastolithe, Cyanite und Staurolithe in Schiefergesteinen und zwar häufig in sehr quarzreichen vor. Renou in Compt. rend. T. XXIII. No. 11. 1846.

Wenn alles dieses für eine secundäre Bildung des Andalusits spricht, wenn dieselbe bei dem damit chemisch identischen Chiastolith, der zuweilen noch organische Ueberreste einschliefst (Dufrénoy), nicht im mindesten zu bezweifeln ist: so deutet auch das Vorkommen des Andalusits im Glimmerschiefer, im Gneifse und im Quarzfels sehr deutlich auf eine solche Bildung.

Es ist bemerkenswerth, dafs Andalusit, Chiastolith und Cyanit nur in älteren krystallinischen Gesteinen, welche vorzugsweifse Kalifeldspath (Orthoklas) und keinen Kalkfeldspath (Labrador) enthalten, vorkommen, und dafs der Chiastolith sich in den ältesten der sedimentären Formationen, im Thonschiefer, findet. Auch der Thonschiefer enthält vorzugsweise nur die Reste eines Kalifeldspaths. Durch Zersetzung von Labrador scheint daher kein krystallinisches Thonerde-Silicat zu entstehen, da nicht ein einziger Fundort jener Thonerde-Silicate in Labrador-Gesteinen, wie in Basalt, Dolerit u. s. w. bekannt ist.

Zersetzungen des Andalusits und Chiastoliths.

Fossilien, wie diese beiden, welche von Säuren fast gar nicht angegriffen werden, deren Bestandtheile, Kieselsäure und Thonerde, mit den Atmosphärilien keine Verbindungen eingehen, sind keiner eigentlichen Verwitterung fähig. Findet man sie gleichwohl mehr oder weniger verändert, so müssen wir schliefsen, dafs diese Veränderung hauptsächlich von einer Aufnahme verschiedener Stoffe, wodurch eine Umwandlung eingeleitet ist, herrühre.

Cyanit nach Andalusit.

Mit dem Andalusit kommt zu *Lisens* ein grünlich- oder gelblichgraues Fossil vor, welches die Form von jenem zeigt, in andern Eigenschaften aber wesentlich davon abweicht. Es ist unter dem Namen grauer (strahliger) Andalusit bekannt und ist, nach Mohs, eine Pseudomorphose von Cyanit nach Andalusit. Sind die Krystalle grofs genug, so kann man einen

Blätterdurchgang erkennen. Blum *) konnte sogar die Spaltung in der Richtung wahrnehmen, in der sie dem Cyanit in so hohem Grade eigenthümlich ist. Er vermuthet, dafs diese Umwandlung häufig vorkomme, und dafs davon das Schwankende in den Resultaten der Analysen des Andalusits herrühre.

Fuchs **) sah deutlich, wie der mit Quarz gemengte faserige Cyanit den ausgezeichnetsten Faserkiesel bildet, und wie auch der Fibrolith und der Bucholzit als faseriger Cyanit, der mit mehr oder weniger Quarz sehr fein gemengt ist, erscheint. Ebenso vermuthet Arfwedson ***), dafs der Cyanit immer mit etwas Kieselsäure gemengt sei. Da der Andalusit nur durch Verlust von Kieselsäure in Cyanit übergehen kann, so ist denkbar, dafs der Quarz, womit dieser gemengt vorkommt, von der Zersetzung des Andalusits abstammt. Die Wahrscheinlichkeit nimmt daher zu, dafs die oben (S. 358) angeführten Andalusite Umwandlungen in Cyanit seien. Das Schwankende in den Analysen rührt wohl davon her, dafs dieser Umwandlungsprocefs bald mehr bald weniger in den Andalusiten vorgerückt ist.

Der einzige Zersetzungsprocefs, dem der Andalusit unterliegt, und wobei nichts aufgenommen wird, scheint daher in einer solchen theilweisen Ausscheidung von Kieselsäure zu bestehen.

An einer directen Bildung des Cyanits auf nassem Wege ist übrigens um so weniger zu zweifeln, da das von Freiesleben beschriebene Talksteinmark, welches in nierenförmigen Gestalten nesterweise und eingewachsen im Porphyr zu *Rochlitz* in *Sachsen* vorkommt, nach der Analyse von Kersten †), in seiner Zusammensetzung völlig mit dem Cyanit übereinstimmt.

Vom Chiastolith ist eine ähnliche Zersetzung in Cyanit, wie beim Andalusit, nicht bekannt. Das Schwankende in den Analysen läfst aber vermuthen, dafs auch der Chiastolith durch einen Zersetzungsprocefs Kieselsäure verlieren könne.

*) Die Pseudomorphosen. S. 17.

**) Schweigger's Journ. Bd. XXXIII. S. 379.

***) Ebend. S. 206.

†) Schweigg. Journ. Bd. LXVI. S. 16.

Glimmer nach Andalusit und nach Chiastolith.

Der Andalusit kommt sehr häufig mit Glimmer überzogen vor (Bd. I. S. 846). Dieser tritt aber auch manchmal in die Masse des Andalusits ein, ja er setzt selbst die Krystalle desselben gänzlich zusammen, wie dieſs Blum *) an einigen Exemplaren aus dem grobkörnigen Granit von *Lisens* beobachtet hat. Beim Durchbrechen eines Krystalls in drei Theile zeigte sich deutlich, wie der Proceſs an dem einen, nicht deutlich ausgebildeten Ende begonnen und über die Oberfläche sich verbreitet hatte, zugleich aber auch im Innern fortschritt, und wie gegen das andere Ende hin der Andalusit gänzlich verschwunden war, indem das Ganze aus einem verworrenen Aggregat von grünlich- und gelblich-weiſsem Glimmer bestand. Ein anderer Andalusitkrystall von 1½ Zoll Länge und 1 Zoll Durchmesser, der an einem Ende durchbrochen war, bestand seiner ganzen Masse nach aus ziemlich groſsen gelblichweiſsen und stark perlmutterglänzenden Glimmerblättchen, die nach allen Richtungen hin mit einander verwachsen waren und so den ganzen Krystall bildeten.

Auch der Andalusit im Glimmerschiefer zu *Westford* in *Massachusets* zeigt sich zum Theil in weiſsen oder gelblichweiſsen Glimmer umgewandelt. Die Entstehung desselben aus jenen Fossilien ist hier augenscheinlich. Ganz ähnliche Erscheinungen zeigt der Andalusit im Gneiſse zu *Lähmerwinkel* und auf einem Granitgange im Gneiſse bei *Herzogau* in *Baiern*.

Liegt, was wir hier nur im Vorbeigehen bemerken wollen, die Vermuthung nicht sehr nahe, daſs der Glimmer im Glimmerschiefer, welcher Andalusit enthält, aus diesem, wenigstens zum Theil, entstanden, und daſs der noch vorhandene Andalusit der noch nicht umgewandelte Ueberrest sein möchte?

Es wurde schon bemerkt (S. 260), daſs bei der Umwandlung des Andalusits in Glimmer, von welcher Art dieser auch sein mag, ein Theil der Thonerde verschwinde, und da-

*) A. a. O. S. 91. und Nachtrag S. 24.

gegen Kali (Alkalien), Magnesia und Eisenoxydul aufgenommen werde. Da wir diese Stoffe in Gewässern nicht selten finden: so ist ihre Aufnahme vom Andalusit leicht zu begreifen. Höchst wahrscheinlich wird die Thonerde nicht als solche, sondern als Silicat fortgeführt (Bd. I. S. 802).

Eine eigentliche Pseudomorphose des Glimmers nach Chiastolith ist nicht bekannt. Was wir von einer Umwandlung des letzteren in ersteren wissen, beschränkt sich darauf, dafs die Chiastolithkrystalle in dem, in Thonschiefer übergehenden Glimmerschiefer des Thals von *Pragnéres*, in den *Pyrenäen*, bisweilen von Glimmerblättchen umhüllt sind, und dafs, nach Arfwedson *), die Zusammensetzung eines Chiastolithkrystalls, aus der *Bretagne*, von fast einem Zoll Durchmesser, welcher so weich war, dafs er vom Nagel Eindrücke annahm, sehr nahe mit der des Glimmers, von *Kimito* in *Finnland*, übereinstimmt, wie die folgenden Analysen zeigen.

	Chiastolith nach Arfwedson	Glimmer nach H. Rose
Kieselsäure . .	46,3	46,36
Thonerde . . .	36,0	36,80
Eisenoxyd . .	2,6	4,53
Kali	11,3	9,22
Magnesia . . .	2,7	
Flufssäure . .		0,71
Wasser . . .	1,1	1,84
	100,0	99,46

Da jener veränderte Chiastolith diesem Glimmer sehr ähnlich ist: so ist es sehr wahrscheinlich, dafs sich jener in diesen wirklich umwandeln könne. Auch hier, wie in so vielen pseudomorphischen Processen, scheint die Umwandlung mit der Aufnahme von Wasser zu beginnen, das wir auch in den meisten Glimmerarten wieder finden.

*) Berzelius Jahresbericht Bd. XI. S. 205.

Speckstein nach Andalusit und nach Chiastolith.

Bei *Göpfersgrün* *) findet man manchmal Speckstein in Krystallformen, die man mit der des Andalusits vergleichen möchte. Mit Bestimmtheit wies Blum **) unter den Andalusitkrystallen von *Lisens* 2—3 Zoll lange nach, die durch und durch in Speckstein umgewandelt sind. Andere zeigen diese Umwandlung nur auf der Oberfläche. Hier und da finden sich silberweifse Glimmerblättchen auf der Oberfläche. Der Andalusit, welcher zu *Bräunsdorf* in *Sachsen* im Glimmerschiefer vorkommt, ist zuweilen mit einer Rinde von Speckstein überzogen.

Die Umwandlung des Chiastoliths in Speckstein kommt so häufig vor, dafs man selten ganz reine Chiastolithkrystalle findet, welche nicht von einer solchen Umwandlung schon ergriffen sind. Sehr deutliche Verdrängungs-Pseudomorphosen zeigen die Chiastolithe zu *Lancaster* in *Massachusets*, aus dem Thale *Héas* in den *Pyrenäen* und zu *Gefrees* in *Baiern*. Der Procefs beginnt aufsen und schreitet nach innen fort. Stellenweise zeigen sich die Krystalle im Innern porös, gleichsam als wenn ein Theil der Masse ohne Ersatz weggeführt worden wäre.

Talk nach Chiastolith und nach Cyanit.

Blum ***) beschreibt sehr deutliche Verdrängungs-Pseudomorphosen von Talk nach Chiastolith von *Lancaster*. In einem über zwei Zoll langen Vierlingskrystall erfüllt blätteriger, weifser oder gelblich weifser Talk die frühere Chiastolith-Masse. Die vorhin angeführte Analyse eines veränderten Chiastolithkrystalls läfst übrigens vermuthen, dafs der Talk nicht immer reiner Talk, sondern oft eine, dem Glimmer sich nähernde Substanz sein möchte.

In der Gegend von *Wustuben* im *Fichtelgebirge* kommen

*) Goldfufs und Bischof physikal. statist. Beschreibung des Fichtelgebirges. 1817. II. S. 113.

**) A. a. O. S. 129. und Nachtrag. S. 70.

***) Nachtrag. S. 64.

zwischen Quarz, wahrscheinlich im Glimmerschiefer, Cyanitkrystalle vor, welche mit einer talkigen Rinde überzogen sind, und beim Zerbrechen erscheint die ganze Masse als feinschuppiger Talk. Aehnliches zeigt der Cyanit aus dem *Zillerthale* in *Tyrol*, von *Schneeberg* in *Sachsen*, von *Petschau* in *Böhmen* und von *Aschaffenburg* *). Der Talk im Cyanit aus dem *Zillerthale* ist mehr blätterig und liegt auf der Oberfläche mit seinem Blättergefüge den früheren vollkommensten Spaltungsflächen des Cyanits parallel, im Innern folgt er aber verschiedenen Richtungen und bildet ein Aggregat.

Fassen wir die Veränderungen zusammen, denen der Andalusit und Chiastolith erliegen, so stellt sich heraus, dafs der erstere, wahrscheinlich sehr häufig, eine Zersetzung durch theilsweise Ausscheidung von Kieselsäure erleidet und sich dadurch in Cyanit umwandelt. Ob der Chiastolith einer ähnlichen Zersetzung fähig ist, darüber ist nichts Näheres bekannt; an der Möglichkeit kann man jedoch nicht zweifeln. Die wichtigste und für Geologie sehr bedeutungsvolle Umwandlung des Andalusits ist unstreitig die in Glimmer. Man kann kaum zweifeln, dafs der Chiastolith einer ähnlichen Umwandlung fähig sei. Andalusit, Chiastolith und Cyanit theilen das Schicksal so vieler Fossilien, durch Magnesiasilicat verdrängt und auf diese Weise zu Speckstein und Talk zu werden (Bd. I. S. 790, 793 u. 794).

Schwerlich wird es jetzt noch Geologen geben, welche diese Verdrängung läugnen. Diejenigen aber, welche in Beziehung auf die Umwandlung so verschiedenartiger Fossilien in Glimmer noch zweifelhaft oder wenigstens schwankend sind, mögen erwägen, dafs eine solche Umwandlung, z. B. die des Andalusits in Glimmer, leichter zu begreifen ist, als eine völlige Verdrängung durch Magnesiasilicat. Eine Umwandlung des Andalusits in Magnesiaglimmer würde die Aufnahme von Magnesiasilicat eben so voraussetzen, wie beim Uebergange in Speckstein eine solche Aufnahme bis zur völligen Ver-

*) Die Pseudomorphosen. S. 108. und Nachtrag. S. 65.

drängung gedacht werden mufs. Wenn jene Geologen überdiefs beachten, dafs Chiastolith wirklich die Bestandtheile aufnehmen kann, welche Glimmer zusammensetzen, wie der von Arfwedson analysirte Chiastolith aus der *Bretagne* zeigt, welche Gründe können ihnen dann noch übrig bleiben, die Umwandlung in Glimmer zu läugnen? — Es ist auch gewifs nicht ohne Bedeutung, dafs, mit Ausnahme des Cordierits und der sich an denselben knüpfenden Umwandlungsreihe (Bd. I. S. 845), alle Fossilien, welche einer Umwandlung in Glimmer fähig sind, auch durch Magnesiasilicat verdrängt und zu Speckstein werden können, dafs sogar der Glimmer selbst dieser Metamorphose unterliegt.

In alle diese Verhältnisse werden wir tiefere Blicke thun, wenn nach und nach alle durch pseudomorphische Processe entstandene Fossilien der chemischen Analyse unterworfen werden. Da von solchen analytischen Untersuchungen bis jetzt nur Anfänge vorliegen, so können wir blofs Andeutungen geben. Vielleicht sind dieselben aber geeignet, recht viele Chemiker zu solchen Untersuchungen zu veranlassen; denn die Kräfte des Einzelnen sind dazu nicht hinreichend.

Auch der Gang der pseudomorphischen Processe, wodurch Fossilien in Glimmer umgewandelt und zu Speckstein werden, scheint in beiden Fällen derselbe zu sein. Die Verdrängung durch Speckstein schreitet von aufsen nach innen fort. Bonnard (Bd. II. S. 305) führt zwar das Gegentheil an; da aber der Speckstein, wie beim Feldspath, auf den Spaltungsflächen, beim Idokras zwischen den schaligen Absonderungen, bei den derben und strahligen Varietäten des Quarzes zwischen den Stengeln und an den Berührungspuncten der Strahlen erscheint: so dürfte damit ein solches Auftreten des Specksteins gemeint sein, was wir (a. a. O.) zu erklären versucht haben. Ebenso scheint die Umwandlung eines Fossils in Glimmer stets von aufsen nach innen fortzuschreiten; obwohl auch hier die eben genannten Modificationen, das Erscheinen der Glimmerblättchen auf den Spaltungsflächen und Absonderungen, eintreten.

Von besonderem Interesse ist es, dafs die verschiedenartigsten pseudomorphischen Processe in demselben Gesteine

neben einander von statten gegangen sind und wahrscheinlich noch von statten gehen. Es giebt Porphyre, in denen die Feldspathkrystalle theils in Speckstein (S. 305), theils in Kaolin umgewandelt sind.

Das schon mehrmals erwähnte, grobkörnige, granitische Gestein der *Lisenser Alpe* zeichnet sich in dieser Beziehung besonders aus. Wir finden dort, wie schon bemerkt, den Andalusit in Cyanit, in Glimmer und in Speckstein umgewandelt. Da übrigens in diesem Gesteine der Andalusit den Feldspath zu vertreten scheint: so ist es sehr wahrscheinlich, dafs dieser früher vorhanden war, aber durch pseudomorphische Processe verschwunden ist. Wir haben schon die Vermuthung ausgesprochen, dafs der Andalusit vielleicht aus der Zersetzung des Feldspaths hervorgegangen ist. Welche Veränderungen mögen daher in jenem Gesteine seit seiner Entstehung erfolgt sein? — Das dermalige Gestein mag leicht ganz andere Gemengtheile enthalten, als ursprünglich vorhanden waren. Könnte nicht, möglicher Weise, das ursprüngliche Gestein blofs aus Feldspath bestanden haben, von dem jetzt nichts mehr vorhanden ist? Könnte es nicht etwa eine Art Granulit gewesen sein, da der Feldspath durch seine Zersetzung Quarz und Glimmer und wahrscheinlich auch Andalusit liefern kann? —

Gewifs irren diejenigen Geologen, welche die krystallinischen Gesteine als Producte aus einem Gufs und Flufs betrachten und sich nicht mit der Vorstellung befreunden wollen, dafs diese Gesteine bei ihrer ursprünglichen Bildung ganz anders beschaffen waren, als heut zu Tage, und dafs sie erst durch eine Reihe metamorphischer Processe auf nassem Wege das geworden sind, was sie jetzt sind.

Beachten wir ein solches Gestein, in dem wir eine Reihe pseudomorphischer Processe wahrnehmen, in der sich, wenigstens zum Theil, die einen Glieder aus den andern entwickelt haben: so müssen wir in unserer Vorstellung auf ungeheure Zeiträume kommen, die seit der Entstehung dieses Gesteins verflossen sind. Eine oder mehrere Ursachen müssen seitdem ununterbrochen fort thätig gewesen sein, um solche bedeutende Veränderungen hervorgerufen zu haben. Könnte es wohl einem Geologen im Ernste einfallen, in einer so lange fortdauernden, plutonischen Metamorphose diese Ursachen zu

suchen? — Wollte er auch jenes Gestein in Tiefen versenkt sich denken, wo Glühehitze herrscht, möchte er es dort so lange verweilen lassen, bis alle pseudomorphischen Processe ihr Ende erreicht haben: so würde er doch wegen des Wassers in Verlegenheit kommen, welches der wasserfreie Andalusit aufnehmen mufs, um zu gewässertem Specksteine zu werden. Wenn man das Wasser bei metamorphischen Processen nicht entbehren kann, so scheint es uns in der That viel einfacher, zu fragen, ob man nicht mit ihm allein, mit einer Flüssigkeit, welche in immerwährendem Kreislaufe begriffen ist, und defshalb als eine ununterbrochen thätige Ursache wirkt, zur Erklärung auszureichen vermag? —

B. Cordierit oder Dichroit.

Noch nie hat man dieses Fossil in der Krystallform eines andern gefunden. Aus ihm entwickelt sich aber, wie schon mehrmals bemerkt worden, eine ganze Reihe anderer Fossilien. Wir zählen daher den Cordierit zu den primären Fossilien, obwohl sein Vorkommen in metamorphosirten Gesteinen (Gneifs) für eine Bildung oder Ausscheidung auf nassem Wege spricht.

Im Wesentlichen besteht der Cordierit aus Thonerde-Magnesia- und Eisenoxydul-Silicat. Kleine Quantitäten Manganoxydul, bis zu 1,5 Proc. steigend, fehlen nie; in einigen Varietäten hat man auch geringe Mengen Kalk, bis zu 3 Proc. steigend, gefunden. Nur L. Gmelin *) fand im Cordierit (Jolith) von *Cabo de Gata* 1 Proc. Kali, wovon er aber bemerkt, dafs es, wenigstens zum Theil, von Asche herrühren konnte; sonst ist in keinem andern Cordierit ein Alkali gefunden worden. Obgleich in den 16 Analysen, welche wir von diesem Fossil besitzen, die Bestandtheile, besonders die Magnesia und das Eisenoxydul, ziemlich variiren: so drückt doch das folgende Atomverhältnifs, wenn man von jenen geringen Beimischungen abstrahirt, so ziemlich die mittlere Mischung des Cordierits aus:

*) Schweigger's Journ. Bd. XIV. S. 316.

Kieselsäure	. . .	14 At.	=	50,25
Thonerde	. . .	8 „	=	31,93
Magnesia	. . .	6 „	=	9,63
Eisenoxydul	. .	3 „	=	8,19
				100,00

Je weniger verändert der Cordierit ist, desto weniger wird er von Säuren angegriffen. Eine vollkommene Zerlegung durch dieselben scheint aber in keinem Falle statt zu finden.

Der Cordierit kommt nicht häufig vor. Er findet sich im Granit (*Bodenmais* in *Baiern*, *Teufelsbrücke* am *St. Gotthard*, *Abo* in *Finnland*, in *Grönland*, *Haddam* in *Connecticut*) auf Magnetkies-Lagerstätten im Granit (*Bodenmais* in *Baiern*) auf Kupferkies-Lagerstätten (*Orijärfvi* in *Finnland*), im Gneifse als häufige und sehr innige Beimengung (*Luntzenau* und *Rocksburg* in *Sachsen*), im basaltischen Gesteine (*Pontgibaud* im Departement *Puy de Dome*), im Diorit (*Granatillo* bei *Nijar* in *Granada*), in glasigem Feldspathgesteine (*Laacher-See*), auf Magneteisen-Lagerstätten im Gneifse (*Arendal* in *Norwegen*), in Geschieben (*Cabo de Gata, Ceylon*).

Zersetzungen des Cordierits.

Wiederholt (Bd. I. S. 487. u. 845. Bd. II. S. 263) ist angeführt worden, dafs der Cordierit, nach Haidinger, der Anfangspunct einer ganzen Reihe von Uebergängen ist, welche mit dem Glimmer, als Endpunct, schliefst. Fahlunit, Chlorophyllit, Bonsdorffit, Esmarkit (vielleicht auch Oosit) Weissit, Praseolith, Gigantolith, Pinit betrachtet er als Reste von Cordierit im pseudomorphen Zustande, und Blum *) fügt noch bei den Pyrargillit von *Brunhalt* und *Helsingfors* und den Aspasiolith.

Die schaligen Bildungen, welche sich nicht allein bei derben Massen, sondern auch bei Krystallen des Cordierits finden, scheinen zunächst die Ursache zu sein, warum derselbe mehr, als viele andere Fossilien zur Umwandlung ge-

*) Nachtrag. S. 32.

eignet ist. Das Eindringen des Wassers zwischen die Ablösungsflächen jener Schalen ist sehr erleichtert. Gerade auf denselben finden wir die Cordieritmasse weicher, die beginnende Veränderung andeutend, oder selbst mit sehr kleinen Glimmerblättchen bedeckt, wie namentlich beim Cordierit von *Haddam*. Auch ist das Innere solcher Schalen in der Umwandlung gewöhnlich nicht so weit vorgerückt, als das Aeufsere. So finden sich beim Chlorophyllit in den Schalen noch an einzelnen Stellen unveränderter Cordierit, beim Gigantolith zwar nicht mehr, das Innere der Schalen zeigt sich aber dicht, während das Aeufsere schon ganz zu Glimmer geworden ist. Bei den Cordieriten, welche jene Absonderung nicht so vollkommen besafsen, scheint die Umwandlung eher zu einer dichten Masse: Fahlunit, Pinit, stattgefunden zu haben.

Die chemische Zusammensetzung des Cordierits ist der des Magnesiaglimmers sehr nahe. Seine Hauptbestandtheile finden sich in diesem wieder; es kommt nur noch Kali hinzu. Man sollte glauben, dafs diese Aehnlichkeit die Umwandlung in Glimmer begünstigte; allein wir werden später sehen, dafs nicht Magnesiaglimmer, sondern Kaliglimmer aus dem Cordierit hervorzugehen scheint. Demnach dürfte gerade die Magnesia, welche bei den Umwandlungen des Cordierits mehr oder weniger fortgeführt wird, die Veranlassung zu seiner so häufigen Zersetzung sein; denn selten findet man Cordieritkrystalle, die nicht auf der Oberfläche schon eine Umwandlung erlitten haben, wie man diefs aus ihrer Weichheit erkennt, indem sie sich leicht ritzen, ja sogar schneiden lassen.

Der Glimmer, welcher das Endresultat aller Umwandlungen des Cordierits zu sein scheint, kann, wie Blum bemerkt, unmöglich als ein Aggregatzustand von diesem betrachtet werden. In den meisten Fällen können wir sogar nachweisen, dafs der Glimmer nicht unmittelbar, sondern mittelbar aus dem ursprünglichen Fossil, aus dem Cordierit, hervorgegangen ist.

Die Umwandlung beginnt, wie S. 225 bemerkt wurde, mit Aufnahme von Wasser und von Alkalien, wobei die vorhandenen Bestandtheile quantitativ sich verändern. So wie das Wasser bei fortschreitender Umwandlung wieder abnimmt, so bilden sich zuletzt Glimmerblättchen und Kryställchen.

Die Frage, woher das Kali komme, dessen Quantität um so gröfser ist, je näher die Pseudomorphosen der Glimmer-Bildung stehen, haben wir schon Bd. I. S. 849 zu beantworten gesucht. Nach Blum's Beobachtungen findet man fast in allen Graniten, in welchen Pinit vorkommt, die Feldspathe mehr oder weniger angegriffen. So ist im Granite von *Aue* in *Sachsen* der dicht neben dem Pinit liegende Feldspath ganz zu Kaolin umgewandelt. Mehr oder weniger zeigt sich dasselbe an Handstücken vom Pini-Stollen bei *Schneeberg*, von *Neustadt* bei *Stolpe* und *Waldenburg* in *Sachsen*, von *Neudorf* in *Böhmen* und *Brünn* in *Mähren* und im Pinit-haltigen Granit von *Heidelberg*.

Der Feldspath liefert nicht blofs bei der Zersetzung in Kaolin, sondern auch bei seiner Umwandlung in Glimmer und bei seiner Verdrängung durch Magnesiasilicat (S. 313) kieselsaures Kali. So sieht man z. B. im Granit von *Buchwald* in *Sachsen* den krystallinischen Feldspath theilweise in Glimmer verändert, an einzelnen Stellen auch in Speckstein. Feldspath und Cordierit können daher gleichzeitig Glimmer liefern, indem ersterer seinen Kaliüberschufs an letzteren abtritt.

Was den Fluorgehalt im Glimmer und in den Fossilien betrifft, welche sich in jenen umwandeln können, so verweisen wir auf das Kapitel, welches vom Glimmer im Allgemeinen handelt.

Glimmer nach hartem Fahlunit und dieser nach Cordierit.

Der harte Fahlunit von *Fahlun* scheint in manchen Fällen die erste Stufe der Veränderung zu sein, welche der Cordierit erleidet, und woraus verschiedene andere Bildungen hervorgehen. Härte und specifisches Gewicht verändern sich hierbei weniger, wie Glanz, Durchsichtigkeit und Farbe. Damit ist jedoch der Procefs der Veränderung noch nicht vollendet; denn aus dem Fahlunit wird nun Glimmer, wie ich diefs in Blum's Sammlung gesehen habe.

Aspasiolith nach Cordierit.

Der Aspasiolith, welcher sich mit Cordierit, Quarz, Feldspath und Glimmer im Urgneifse von *Krageröe* im südlichen *Norwegen* findet, ist bereits (Bd. II. S. 253 ff.) als ein umgewandelter Cordierit betrachtet worden.

Glimmer nach Fahlunit-Varietäten und diese nach Cordierit.

Blum besitzt einige Fahlunite (Triklasite) aus dem Granit von *Bodenmais,* welche die Veränderung des Cordierits in die grünlich graue und in die dunkel leberbraune Varietät des Fahlunits zugleich zeigen. Beide gehen in einander über, aber jene scheint zuerst zu entstehen, wenigstens zeigen sich bei ihr sehr verschiedene Härtegrade, während der braune stets weich ist. Damit ist jedoch die Veränderung nicht vollendet. Auf der Oberfläche der schaligen Absonderungen sieht man dünne, feine Glimmerblättchen; gröfsere machen einzelne Lagen aus, die sich weit zwischen die Schalen in den Fahlunit hinein erstrecken, so dafs dieser gleichsam mit Glimmer wechselt. In der Mitte desselben finden sich einzelne Glimmerblättchen an einzelnen Stellen durchaus verbreitet. Auf der *Eric-Mattsgrube* bei *Fahlun* kommt dieses Fossil eingewachsen in Chloritschiefer vor. Dana führt gleichfalls Fahlunit in Formen von Cordierit an *). Wie die Umwandlung des Cordierits in Fahlunit zu denken sei, wurde bereits S. 269 beispielsweise gezeigt.

Esmarkit nach Cordierit.

Der Esmarkit zeigt zahlreiche Reste von Krystallschalen, aber unterbrochen, ähnlich wie bei den dunkelbraunen Fahluniten von *Eric-Mattsgrube.* Nach A. Erdmann **) hat er eine, den Fossilien der Umwandlungs-Reihe nach Cordierit sehr ähnliche Zusammensetzung, enthält aber ganz geringe

*) Silliman's Am. Journ. V. XLVIII. No. 1. p. 69.

**) Berzelius Jahresbericht. Bd. XXI. S. 174

Mengen Kalk, Oxyde von Blei, Kupfer, Kobalt und Titan (im Ganzen 0,45 Proc.) und 5,49 Proc. Wasser. Er kann als wasserhaltiger Cordierit betrachtet werden. Der Esmarkit kommt im Granit von *Bräkke*, im Kirchspiel *Bamla* in *Norwegen*, vor und ist meist mit einer Glimmerhaut bekleidet.

Praseolith nach Cordierit.

Der Praseolith ist ebenfalls pseudomorph nach Cordierit. Auch im amorphen Zustande zeigt er deutlich den Uebergang aus dem schaligen festen Cordierit in den dichten, glanzlosen, im Bruche splitterigen und weichen Zustand. Er findet sich nur 100 Schritte vom Esmarkit und ebenfalls im Granit. Nach A. Erdmann *) hat er eine ähnliche Zusammensetzung, wie der Esmarkit, und enthält gleichfalls ganz geringe Mengen Kalk, Oxyde von Blei, Kupfer und Kobalt (im Ganzen 0,5 Proc.) und 0,4 Proc. Titansäure.

In Betreff dieser Oxyde zeigt sich zwischen dem Esmarkit und Praseolith eine grofse Aehnlichkeit. Da sich diese Oxyde im Cordierit nicht finden, so müssen sie mit dem Hydratwasser aufgenommen worden sein. Die Analyse giebt keine Alkalien an. Sollten diese vielleicht in dem Verluste von 1,4 Proc. enthalten sein, oder sollten jene Oxyde die Alkalien gleichsam vertreten? —

Glimmer nach Bonsdorffit und dieser nach Cordierit.

Der Bonsdorffit zeigt deutlich die Krystallschalen, wie sie bei andern Varietäten der Cordierite und ihren Pseudomorphosen vorkommen. Er ist wie der harte Fahlunit zusammengesetzt; enthält aber 2 Atome Wasser. Er kommt in einem röthlichen Granite in Begleitung eines hellen, grauen, blättrigen Cordierits, bei *Abo*, vor. An einem Exemplare in Blum's Sammlung zeigen sich deutliche Glimmerblättchen auf den schaligen Absonderungen der kleinen Krystalle und auf derben Parthieen. An einer Stelle sind sie schon so ausgebildet, dafs man Spaltungen wahrnehmen kann.

*) Ebend. S. 173.

Glimmer nach Chlorophyllit und dieser nach Cordierit.

Der Chlorophyllit findet sich, nach Jackson, in den Gruben von *Neal* in *Nordamerica*. Er zeigt dieselben Krystallschalen, wie der unveränderte Cordierit, welcher auch noch im Innern an einzelnen Stellen vorhanden ist *). Der Glimmer, welcher die Massen nach den beiden Hauptrichtungen durchzieht, ist theils weifs, theils grün und, nach Haidinger, einaxig. Einen Gehalt von 27,6 Proc. phosphorsaurer Thonerde, welchen Wittney **) gefunden haben will, hat Delesse nicht bestätigt. Eine genaue Analyse fehlt noch.

Weissit nach Cordierit.

Blum beschreibt ein Stück vom schaligen Triklasit von *Eric-Mattsgrube*, welches ganz mit dem Weissit übereinstimmt, und deutliche über einander liegende, den ursprünglichen Krystallschalen des Cordierits entsprechende Schichten zeigt. Eine wiederholte Analyse ist wünschenswerth. Der Weissit kommt, wie der Fahlunit, im Chloritschiefer bei *Fahlun* vor; beide finden sich aber nicht zusammen in demselben.

Glimmer nach Pyrargillit und dieser nach Cordierit.

Der von Nordenskiöld im Granit bei *Helsingfors* gefundene Pyrargillit ist offenbar ein umgewandelter Cordierit. Der leberbraune steht dem Fahlunit, der ziegelrothe manchen Piniten nahe. Wie beim Pinit zeigt sich die weitere Umwandlung in Glimmer. Die säulenförmigen kleinen Krystalle des Pyrargillits sind nicht selten mit graulichweifsem, perlmutterglänzendem Glimmer bedeckt. Auch ist letzterer hier und da in die Masse selbst eingedrungen und bildet mit dieser ein förmliches Gemenge; manchmal hat er dieselbe ganz verdrängt und

*) Vergl. Shepard in Silliman's Journ. V. XVI. p. 358. und Dana Syst. of Min. 2do Ed. p. 306.

**) Annal. des Mines IV. Ser. II. p. 464.

setzt die Krystalle allein zusammen. In solchen Pseudomorphosen zeigt sich aber der Glimmer als ein Aggregat, aus lauter Blättchen bestehend, die sich in den verschiedensten Richtungen angelegt haben.

Glimmer nach Gigantolith und dieser nach Cordierit.

Die zwölfseitige prismatische Form, die deutlichen sehr ausgezeichneten Krystallschalen, in welche die grofsen gestalteten Massen des Gigantoliths gesondert werden können, deuten genügend auf Cordierit-Varietäten. Dieses Fossil kommt im Gneifse im Kirchspiel *Tammala* in *Finnland* vor. Blum beschreibt ein Exemplar, welches in seiner schaligen Zusammensetzung die gröfste Aehnlichkeit mit dem Chlorophyllit zeigt. Die Endflächen dieser Schalen sind mit Glimmerblättchen, die sich auch in den verticalen Richtungen häufig finden, bedeckt, manchmal so zahlreich, dafs die ganze Schale aus denselben besteht. Von Cordierit ist jedoch nichts mehr zu bemerken. Selbst in der Härte ergeben sich keine Schwankungen, so dafs hier die Umwandlung offenbar weiter gediehen ist, wie beim Chlorophyllit. Die pinitähnlichen Fossilien im *Lisensthale* in *Tyrol* und bei *Altalbenreuth* und *Kaplitz* in *Böhmen* sind, nach Haidinger, dem Gigantolith (und Chlorophyllit) am meisten ähnlich. Auch der Pinit von *Lancaster* in *Massachusets* stimmt sehr mit dem Gigantolith überein.

Interessant ist, was Trolle-Wachtmeister *) vom krystallisirten Gigantolith zu einer Zeit sagte, wo solche pseudomorphische Verhältnisse bei den in Rede stehenden Fossilien noch fern lagen. „In den Bruchflächen, in der Art des Farbenspiels und in anderen Kennzeichen zeigt sich eine Aehnlichkeit, welche man Familien-Aehnlichkeit nennen könnte, mit gewissen dunkeln Talkvarietäten, mit dem krystallisirten Fahlunit und auch mit dem Glimmer.“ Diese Aehnlichkeit in den äufseren Kennzeichen verwirklichte sich in der That durch seine chemische Analyse.

*) Poggend. Annal. Bd. XVI. S. 558.

Glimmer nach Pinit und dieser nach Cordierit.

Freiesleben *) erwähnte zuerst ein pinitartiges Fossil aus einem grobkörnigen, meist mürben Granit von *Hinterhermsdorf* und aus dem Granite in der Gegend von *Penig* in *Sachsen*. Ficinus **) beschreibt ein Fossil unter dem Namen Säulenglimmer, von *Neustadt* unfern *Stolpe*, welches wohl zum Theil umgewandelter Pinit sein mochte. Schon früher machte Blum ***) aufmerksam, dafs der Glimmer in der Form von Pinit vorkommt, wie diefs an den Piniten aus dem Granite von *Heidelberg* sehr deutlich zu sehen ist. Die Umwandlung beginnt gewöhnlich an dem einen Ende und schreitet von hier aus fort. Zuweilen besteht die eine Hälfte des Krystalls aus Glimmer, während die andere noch frei davon ist. Der Glimmer zeigt sich etwas perlmutterglänzend, verworren, manchmal strahlig-blätterig und röthlichbraun oder grünlich, auch weifs. Diese Umwandlung ist, wie seitdem Blum †) nachgewiesen, so allgemein, dafs es wohl keinen Pinit giebt, in dem sich nicht, wenn auch nur einzelne Glimmerblättchen, auf der Oberfläche oder im Innern der Krystalle finden. Die Pinite im Granit der Gegend von *Brünn* in *Mähren*, von *Menat* und *St. Pardoux* in der *Auvergne*, vom *Pini-Stollen* bei *Schneeberg* in *Sachsen* liefern Beispiele. Die Pinite von *Neudorf* bei *Neuhausen* in *Böhmen* und von *Waldenburg* in *Sachsen* sind an manchen Stellen ganz in Glimmer umgewandelt, an anderen wechseln, den Endflächen der Krystalle parallele Lagen von Glimmer mit denen von dichtem Pinit. Die Pinite aus dem Granite von *Buchwald* in *Sachsen* bestehen beinahe gänzlich aus einem sehr feinen Gemenge von ganz kleinen Glimmerschüppchen.

Manche zusammengehäufte Glimmerparthieen und blättrige Massen, besonders wenn sie säulenförmig erscheinen, wie

*) Magazin für die Oryktographie von *Sachsen*. H. 4. 1830. S. 187 und 188.

**) Schriften der Gesellschaft für Mineralogie zu *Dresden* 1819. Th. II. S. 198 ff.

***) Leonhard Zeitschr. für Mineral. 1828. S. 683 ff.

†) Nachtrag. S. 17.

im Granite (*Johanngeorgenstadt* in *Sachsen*), im Gneifse (*Culm* in *Böhmen*) u. s. w. dürften von gänzlich umgewandelten Piniten herrühren; denn letztere kommen auch im Gneifse und Glimmerschiefer vor. Vielleicht könnte man, wenn die Aufmerksamkeit darauf gerichtet würde, manchmal die ursprüngliche Säulenform der Pinite noch erkennen.

Von Interesse sind Haidinger's Bemerkungen über die verschiedenen Richtungen, welche die Glimmerblättchen in einem zwölfseitigen Pinitprisma von *Haddam* in *Connecticut* nehmen. An beiden Enden ist dieses durch ebene Bruchflächen begrenzt, welche das Ansehen von Theilungsflächen haben, weil sie mit Glimmerblättchen in paralleler und genau gegen die Prismenflächen senkrechter Lage belegt sind. Aber diese Richtung geht nicht durch die ganze Masse hindurch. Sie entspricht nur den Krystallschalen in der Richtung der Endfläche, welche man auch am frischen Cordierit von *Haddam* beobachtet, und die sich an den zahlreichen, parallelen Streifen auf den Seitenflächen erkennen lassen. Die zuletzt zwischen diesen Flächen entstandenen Glimmerblättchen zeigen die parallel-blättrige Structur nicht, sondern liegen in allen Richtungen unregelmäfsig durch einander. Zuweilen haben sie eine, den Prismenflächen parallele und mithin gegen die Endfläche senkrechte Lage. Aber auch im Innern der grofsen ehemaligen Cordieritkrystalle nimmt man, besonders gegen die Mitte hin, kleine Unterbrechungen und unregelmäfsige Lagen der grünen und weifsen Glimmerblättchen wahr.

Der mineralogische Character der verschiedenen, Pinit benannten Fossilien weiset, wie Blum bemerkt, so wenig auf die Selbstständigkeit der Species hin, dafs die Annahme, eine pseudomorphe Bildung vor sich zu haben, schon dadurch bedeutend unterstützt wird. Das Dichte, Amorphartige in der Masse, der Mangel an Spaltungsrichtungen, das durchaus Matte der Krystalle innen und aufsen, welches in der Regel selbstständig gebildete Species nicht zeigen: alles dieses spricht dafür. Dazu kommen endlich die Schwankungen in den Resultaten der Analysen verschiedener Pinite, welche gleichfalls in dem verschiedenen pseudomorphen Zustande ihren Grund haben möchten. Die Annahme Haidinger's, der Pinit sei

ein umgewandelter Cordierit, ist daher, meint Blum, nicht zu bezweifeln *). Das Zusammenvorkommen des Pinits und Cordierits, zu *Haddam* in *Connecticut*, trug dazu bei, die Beziehungen, in welchen beide Fossilien zu einander stehen, klarer darzulegen, und führte gleichfalls zu dem Schlusse, dafs der Pinit nur eine Abänderung von Cordierit sei **).

Von Säuren wird der Pinit wenig angegriffen; nach v. Kobell löst sich jedoch der *sächsische*, welcher indefs schon zersetzt zu sein scheint, in Salzsäure gröfstentheils auf. Nach Drappier löst diese Säure aus dem Pinit nur Thonerde und Eisenoxyd auf, und läfst die Silicate unangegriffen ***). Danach ist zu schliefsen, dafs dieses Fossil einer längern Einwirkung von Gewässern, wenn dieselben auch nur den gewöhnlichen Gehalt von, aus der Atmosphäre aufgenommener Kohlensäure besitzen, nicht widerstehen kann.

Nachdem C. G. Gmelin †) (1824) gezeigt hatte, dafs der Pinit in seiner Zusammensetzung mit dem Glimmer so nahe übereinkommt, dafs man beide generisch nicht mehr trennen kann, würden Chemiker, wenn sich ihre Aufmerksamkeit auf das Genetische gerichtet hätte, eine Umwandlung des einen dieser Fossilien in das andere gewifs für möglich gehalten haben. Von Chemikern ist indefs eine solche Möglichkeit nicht, wohl aber von Mineralogen aufgegriffen worden. Von einigen meiner wissenschaftlichen Freunde hat sie indefs einen heftigen Widerspruch erlitten. Diese liefsen weder die chemische Uebereinstimmung zwischen Pinit und Glimmer, noch das Vorkommen des letzteren in der Form des ersteren für Beweise einer Umwandlung des ersteren in den letzteren gelten. Und warum? — weil sie sich einmal gewöhnt hatten, den Glimmer für ein plutonisches Erzeugnifs zu

*) Auffallend erscheint es indefs, warum in manchen Graniten, in denen die Pinite nicht fehlen, wie in denen bei *Heidelberg*, keine Cordierite gefunden werden. Sollten hier alle Cordierite schon in Pinit umgewandelt worden sein?

**) Silliman's Am. Journ. V. XLI. 1841. p. 354.

***) Rammelsberg Handwörterbuch. Abth. II. S. 60 u. 61.

†) Kastner's Archiv. Bd. I. S. 232.

halten, und weil sie wohl fühlten, dafs eine Umwandlung eines längst gebildeten Pinits in einem längst erkalteten Granit durch plutonisches Feuer eine schwierige Annahme sein würde.

Nicht leicht kann es ein auffallenderes Beispiel als dieses geben, wie nachtheilig vorgefafste Meinungen auf die Wissenschaft einwirken, und wie sehr sie ihre Fortschritte hemmen. Weil man es als ein Axiom hinstellte, dafs Gesteine, in denen Glimmer in ausgebildeten Formen vorkommt, plutonischen Ursprungs, oder durch eine plutonische Metamorphose gebildet worden seien: so verwarf man jedes Kriterion, sei es ein chemisches oder ein mineralogisches, welches jenes Axiom hätte erschüttern können. Man liefs Thatsachen unbeachtet, weil sie einer Hypothese widersprachen, und versperrte sich so den Weg zur Forschung. Man schenkte nicht einmal einer nahe liegenden Schlufsfolge Gehör, dafs eben so gut, als Gewässer in einem Granite die wichtigsten Veränderungen, eine Umwandlung des Feldspaths in Kaolin oder in Speckstein, hervorbringen, auch eine Umwandlung des Pinits oder Wernerits in Glimmer gedacht werden könne. Genug, der Glimmer sollte nur aus der Hand des Vulkans hervorgegangen sein; keiner andern Macht auf Erden wollte man die Kraft zutrauen, ihn bilden zu können.

Fast möchte man vermuthen, die Augen unserer wissenschaftlichen Gegner seien durch den starken metallähnlichen Glanz des Glimmers geblendet worden. Fast könnte es scheinen, als ob dieser Glanz, verglichen mit dem schwachen Fettglanze des Pinits, der noch obendrein durch den häufigen Eisenocher-Ueberzug getrübt ist, unvermerkt zu der Vorstellung geführt habe, dafs unmöglich das Glänzende aus dem Glanzlosen hervorgegangen sein könne. Jedoch unsere Gegner wissen, dafs nicht blofs zwischen ähnlichen, sondern sogar zwischen identischen Körpern eine grofse Verschiedenheit im Glanze, wie in den physikalischen Eigenschaften überhaupt stattfinden könne, wie unter andern das Eisenoxyd in seinen verschiedenen Modificationen als Eisenglanz, Eisenglimmer, Rotheisenstein u. s. w. zeigt. Sie werden die Möglichkeit wohl nicht bezweifeln, dafs der matte oder doch nur wenig schimmernde Rotheisenstein unter gewissen Umständen in den stark metal-

lisch glänzenden Eisenglanz übergehen könne, wenn auch der Chemiker diese Umstände nicht anzugeben vermag. Sie werden indefs gegen die Vermuthung, dafs dieser Uebergang auf nassem Wege erfolgen könne, nichts einzuwenden haben, wenn sie sich an die stark glänzenden Eisenglanze in Formen von Kalkspath zu *Brésoir* bei *Markirchen* im *Elsafs*, oder an die theils in Brauneisenstein umgewandelten Eisenglanzkryställchen in den Mandelsteinen bei *Oberstein* *) erinnern: an Bildungen, die nur auf nassem Wege entstanden sein können.

Schafhäutl **) untersuchte ein Fossil aus dem *Zillerthale* und fand es zusammgesetzt aus:

Kieselsäure . . .	47,05
Thonerde	34,90
Eisenoxyd . . .	1,50
Kali	7,96
Natron	4,07
Magnesia	1,95
Wasser	1,45
	98,88

Diese Zusammensetzung stimmt so nahe mit der vieler Glimmerarten, dafs gewifs Jeder, der dieses Fossil nach seinen Bestandtheilen beurtheilt, es für einen Glimmer halten wird. Schafhäutl nennt es aber verhärteten Talk, mithin hat es in seinen äufsern Kennzeichen damit gewifs mehr Aehnlichkeit, als mit dem Glimmer, obgleich seine Zusammensetzung von der des Talks gänzlich abweicht. Diefs beweist abermals, wie Fossilien, ihren Bestandtheilen nach, fast identisch mit dem Glimmer sein können, ohne dafs sie jedoch die, den letzteren auszeichnenden physikalischen Eigenschaften besitzen, wenn gleich die manchmal blätterige und schuppige Aggregatform und der Perlmutterglanz des Talks (Talkglimmer) eine Annährung zum Glimmer zeigen.

Vergleicht man die Zusammensetzung jenes verhärteten Talks mit der des oben (S. 364) angeführten weichen Chia-

*) Blum Nachtrag. S. 18.

**) Annal. d. Chemie u. Pharm. Bd. XLVI. S. 336.

stolithkrystalls: so findet sich eine so grofse Aehnlichkeit, dafs man nicht anstehen kann, jenen, wie diesen, für ein pseudomorphes Product zu halten, welches nur noch einer geringen Modification bedarf, um zu einem vollkommenen Glimmer zu werden. Kann, wenn die vorhergegangenen Bildungsprocesse ohne Zweifel auf nassem Wege von statten gegangen sind, mit nur einiger Consequenz eine plutonische Metamorphose angenommen werden, welche den völligen Uebergang in Glimmer herbeiführte? —

Es mag sein, dafs unsere Gegner die nahe Uebereinstimmung in der chemischen Zusammensetzung des Pinits und Glimmers für einen Beweis der ursprünglichen Bildung des letzteren halten, dafs nämlich aus derselben feuerflüssigen Masse ein Gemeng zweier chemisch identischer aber physikalisch verschiedener Substanzen hervorgegangen sei, und dafs sogar die eine von ihnen, der Glimmer, sich in die Form der andern, des Pinits, geschmiegt habe. Wenn nun aber, nach Haidinger, die Krystallschalen des Cordierits in manchen Piniten übrig geblieben sind, wenn letztere im Innern einen von der Umgebung verschiedenen, wie aus gröberen Gemengtheilen bestehenden Kern zeigen, wenn der von Eisenoxyd stark geröthete Strich eine sehr weit vorgeschrittene Veränderung andeutet: so können solche Pinite keine ursprüngliche Bildungen sein. Räumen die Gegner eine wirklich von statten gegangene Veränderung, eine Umwandlung des Cordierits in Pinit ein: so steht nichts entgegen, eine weitere Umwandlung des Pinits, als eines Mittelgliedes des Processes, in Glimmer anzunehmen. Läugnen sie aber jene Umwandlung, so müfsten die Uebergänge, d. h. das Wandelbare, das Ursprüngliche sein. Jene Vorstellung von Gemengen zweier Substanzen in der Form der einen müfsten sie dann bis zu einer unendlichen Vervielfachung ausdehnen; die Natur müfste daher eine unendliche Zahl von Substanzen im Gemenge mit einander in der Form einer einzigen gebildet haben. Denn wenn wir, wie z. B. beim Chlorophyllit, Ueberreste von Cordierit im Innern finden, wenn wir dessen Härte nach und nach abnehmen sehen, wenn dieser an einzelnen Stellen die gröfste Aehnlichkeit mit dem Fahlunit zeigt, wenn der Glimmer die Massen nach den beiden Hauptrichtungen durchzieht:

so haben wir hier nicht blofs ein Gemeng aus Cordierit, Fahlunit, Chlorophyllit und Glimmer, sondern ein Gemeng aus unzähligen Uebergängen zwischen den drei ersteren Substanzen, wie sie die successiv abnehmende Härte characterisirt.

Man mache es sich nur klar, auf welche Widersprüche die Annahme, dafs solche gemengte Fossilien ursprüngliche Bildungen seien, führt, wie man am Ende das ganze Mineralreich für einen Mischmasch unbestimmter Substanzen halten müfste, und man wird der ungleich einfacheren Vorstellung, die Natur habe ursprünglich Cordierite geschaffen, im Verlaufe langer geologischer Zeiträume seien dieselben aber verschiedenen Umwandlungsprocessen, durch die eindringenden Gewässer veranlafst, erlegen, den Vorzug geben müssen. Mit einer solchen Vorstellung ist die Erscheinung unendlicher Uebergänge in völliger Harmonie; denn alle Zersetzungs- und Umwandlungsprocesse in der unorganischen, wie in der organischen Natur, die vor unsern Augen erfolgen, zeigen solche unendliche Uebergänge. Beharren unsere Gegner in ihrer Vorstellung, so würde es uns nicht Wunder nehmen, wenn sie in consequenter Verfolgung derselben endlich dahin kämen, den Feldspath, seine unendlichen Uebergänge in Kaolin und das vollendete Kaolin für eben so viele eigenthümliche, ursprüngliche Bildungen zu halten.

Die Vertheidiger der Ansicht, dafs Pinit und Glimmer ursprüngliche Bildungen seien, werden das Vorkommen des letzteren zwischen den Theilungsflächen des ersteren zu ihrem Gunsten deuten. Ungleich mehr scheint aber gerade dieses Vorkommen für eine Umwandlung des Pinits oder Cordierits in Glimmer zu sprechen.

Sind es Gewässer, welche diese Umwandlung bewirken, so ist klar, dafs dieselbe an den Stellen beginnen wird, welche mit den Gewässern in Berührung kommen; mithin zwischen den Theilungs- oder Ablösungsflächen. Dafs hier der erste Angriff erfolgt, zeigt der schon bemerkte weichere Zustand der Cordieritmasse (S. 371) an diesen Stellen. Dringen endlich die Gewässer in die innere Masse, so beginnt auch hier die Umwandlung, und die Glimmerblättchen bilden sich in Richtungen, die denen entsprechen, welche die in das Innere der Masse gedrungenen Gewässer genommen haben.

Die oben (S. 340 Anm.) bemerkten kleinen Gänge, Adern und Dendriten von Eisenerz, welche den zersetzten Feldspath nach allen Richtungen durchziehen, zeigen das Unregelmäfsige in dem Laufe der Gewässer, welches auch nicht anders zu denken ist. So wird es denn auch begreiflich, dafs sich die Glimmerblättchen im Pinitprisma von *Haddam* (S. 378) nicht parallel den früherhin, auf den Theilungsflächen abgelagerten, sondern in allen Richtungen finden.

Wir halten diese irreguläre Ablagerung der Glimmerblättchen in der Masse des Pinits für einen der entschiedensten Beweise, dafs Glimmer und Pinit nicht gleichzeitige Bildungen sein können, sondern dafs jener ein Umwandlungsproduct aus diesem ist. Dafs sich bei einer successiven Bildung eines Krystalls, sei es auf feuerflüssigem oder auf nassem Wege, zwischen die Theilungsflächen ein anderes Fossil ablagern könne, wenn in der Grundmasse die Bestandtheile zweier Fossilien vorhanden wären, würde zu begreifen sein; dafs sich aber Glimmerblättchen in allen nur möglichen Richtungen in der Masse eines Pinits bildeten, würde voraussetzen, dafs dieser zuerst in ganz unregelmäfsigen Formen entstände und, nach Umhüllung von Glimmerblättchen und nach neuem Ansatze von Pinitmasse, erst zu einem Krystall sich gestaltete: eine Vorstellung, die dem, was wir von der Bildung der Krystalle wissen, völlig widerspricht.

Von besonderer Bedeutung ist, dafs sich ganz dieselben Verhältnisse beim Talk zeigen, der in Formen von Cyanit vorkommt (S. 365). Hier kann und wird doch Niemand zweifeln, dafs der Talk, weil er den Cyanit verdrängt hat, eine spätere Bildung ist. Ganz genau zeigt sich aber dasselbe, wie beim Pinitprisma von *Haddam*. Wie hier die Glimmerblättchen, so liegen dort die Talkblätter parallel den Theilungsflächen. Wie hier die Glimmerblättchen im Innern, so liegen dort die Talkblätter im Innern in allen Richtungen.

Scheerer *) wendet gegen die Umwandlung des Cordierits in die mehrfach genannten Fossilien ein, dafs diese, so weit er sie an ihren Fundstätten zu beobachten Gelegenheit hatte, als innig verwachsene accessorische Gemengtheile

*) Poggend. Annal. Bd. LXXIII. S. 155. (1848).

ganz unveränderter granitischer oder gneifsartiger Gesteine vorkommen, in die — wenigstens nach ihrer vollkommenen Erhärtung wohl unmöglich die zu ihrer Umwandlung nöthigen Wassermengen eingedrungen sein können. Und nicht allein diefs, sondern die entführte Magnesia müfste auf eine eben so räthselhafte Weise verschwunden sein. Dafs übrigens eine Infiltration kohlensäurehaltigen Wassers den quarzharten und alkalifreien Cordierit metamorphosirt habe, ohne den unmittelbar daneben vorkommenden Feldspath (Oligoklas, Orthoklas) chemisch zu verändern, streite gegen alle chemische Erfahrung.

Was die Durchdringbarkeit der Gesteine überhaupt betrifft, so verweisen wir auf Bd. I. S. 233 ff. Uebrigens zeigt die Kunst, Onyxe, Carneole, Chalcedone u. s. w. zu färben *), dafs selbst diese dichten Steine vom Wasser durchdringbar sind. Da überdiefs Scheerer selbst das vom Cordierit aufgenommene Wasser für ein chemisch gebundenes nimmt: so fällt die Frage, ob dieses Fossil vom Wasser durchdrungen werden könne, mit der zusammen, wie überhaupt bei der chemischen Verbindung eine Durchdringbarkeit möglich sei. Wenn er endlich von einer Wasseraufnahme des Feldspaths spricht, so ist nicht einzusehen, warum eine solche beim Cordierit ein Hindernifs finden sollte. Was die Magnesia betrifft, so scheint, da diese Erde zu den sehr frequenten Bestandtheilen der Quellwasser gehört, nichts leichter zu sein, als deren Entführung zu erklären. Könnte man Anstand nehmen, die Magnesia, welche man in Quellen findet, die aus dem Granit kommen, von zersetzten Cordieriten abzuleiten, wenn andere Magnesia-haltige Fossilien in diesem Gesteine nicht nachzuweisen wären? — Dafs der Cordierit metamorphosirt wurde, nicht aber der Feldspath, scheint uns nicht räthselhafter, als dafs im Granite von *Carlsbad* nur die kleinen Feldspathkrystalle zersetzt wurden (S. 296 und S. 338 ff.). Uebrigens zeigt der Labrador, dem Orthoklas gegenüber, wie die Gegenwart alkalischer Erden die Zersetzbarkeit der Fossilien sehr befördert. So kann es sich also wohl auch mit dem Magnesia-haltigen Cordierit, dem Orthoklas gegenüber, verhalten.

*) **Nöggerath** im n. Jahrb. für Mineral. Jahrg. 1847. S. 473.

Gegen Haidinger's Hauptargument, dafs die Cordieritgruppe gleiche oder doch wenigstens sich sehr nahe stehende Krystallformen habe, führt Scheerer an, dafs die Skapolithe ebenfalls gleiche Krystallform aber sehr verschiedene Zusammensetzung haben, von diesen Fossilien aber Niemand eine pseudomorphe Bildung annehmen werde.

Allerdings scheinen sich, wie wir im nächsten Kapitel sehen werden, die Skapolithe in drei Verbindungen darzustellen. Die bedeutenden Abweichungen in ihrer Zusammensetzung rühren indefs, wie wir es wahrscheinlich zu machen suchen werden, von einer mehr oder weniger weit fortgeschrittenen Umwandlung her (Bd. I. S. 847), und so könnte es leicht sein, dafs es nur einen Wernerit gäbe, der aber, je nach dem Grade seiner Umwandlung, verschiedene Varietäten darböte *). Uebrigens hat man Aehnliches, wie bei den Fossilien der Cordieritgruppe, nämlich Einschlüsse unveränderten Cordierits, wie im Chlorophyllit (S. 375), beim Wernerit nicht gefunden. Es ist uns wenigstens nicht bekannt, dafs Wernerite vorkommen, in denen sich die eine Varietät als Einschlufs in einer andern fände. Durch Scheerer's Bemerkungen scheint daher die pseudomorphe Natur der Fossilien der Cordieritgruppe nicht im mindesten alterirt worden zu sein.

Wenn Scheerer auch in dem Umstande, dafs nicht ein einziges Fossil in der Cordieritgruppe einen Verlust an Kieselsäure erlitten habe, einen Beweis gegen die pseudomorphe Natur zu erblicken glaubt: so rührt diefs von einer einseitigen Auffassung der Zersetzungsprocesse her, indem er die Umwandlung des Feldspaths in Kaolin für den Grundtypus aller dieser Processe zu nehmen scheint. Es ist klar, dafs die Menge der Kieselsäure bei einem Umwandlungsprocesse relativ zunehmen, aber absolut abnehmen müsse, wenn die Basen in einem gröfsern Verhältnisse fortgeführt werden, als die Kieselsäure.

Wenn Haidinger und Blum den Glimmer, welcher die Fossilien der Cordieritgruppe begleitet, für ein Umwandlungsproduct des Cordierits halten: so müssen sie, da der

*) Vergl. Blum's Lehrbuch der Oryktognosie, zweite Aufl. S. 309.

Cordierit in seiner unveränderten Form wasserfrei ist, das Wasser in solchem Glimmer für ein später eingeführtes ansehen. Sie brauchen sich also hierüber nicht näher auszusprechen, wie Scheerer noch zu erwarten scheint. Glaubt Letzterer „annehmen zu dürfen, dafs für den Glimmer wohl schwerlich Jemand einen metamorphosirenden Procefs in Antrag bringen werde“: so müssen wir dagegen bemerken, dafs diese Metamorphose nach gerade das Ziel aller Untersuchungen jener Mineralogen ist. Da Scheerer die Chlorite und andere krystallinische Fossilien, welche Wasser enthalten, in dieselbe Kategorie bringt: so mufs er, consequenter Weise, nicht blofs die Umwandlung der Fossilien der Cordieritgruppe, sondern auch die des Andalusits, des Wernerits, des Turmalins u. s. w. in Glimmer, und die Umwandlung des Turmalins, des Granats und der Hornblende in Chlorit in Abrede stellen; denn in allen diesen Fällen sind die ursprünglichen Fossilien in ihrer unveränderten Form wasserfrei und die Umwandlungsproducte wasserhaltig. Ja Scheerer mufs Zweidrittel von den Umwandlungs-Pseudomorphosen, welche Blum beschreibt, für imaginär halten (Bd. II. S. 224). Seine Aeufserung, „dafs in gar manchen Fällen, wo man eine pseudomorphe Bildung in Anspruch nahm, der Knoten dadurch nicht gelöst, sondern nur zerhauen wurde,“ zeigt allerdings, dafs er seine Ansichten consequent verfolgt.

Werfen wir einen Rückblick auf die Umwandlungsreihe des Cordierits, so sehen wir, dafs es nur die Pseudomorphosen des Aspasioliths und des Praseoliths sind, in denen der Glimmer noch nicht auftritt; in den übrigen dagegen erscheint derselbe und selbst dann, wenn noch unveränderter Cordierit vorhanden ist. Hieraus ist zu schliefsen, dafs die genannten Fossilien, vielleicht nur mit Ausschlufs jener beiden, blofs Uebergangsstufen und keine selbstständigen Fossilien sind.

Der verstorbene v. Bonsdorff *) bemerkt bei Gelegenheit seiner Analyse des nach ihm Bonsdorffit benannten Fossils: „das Vorkommen wasserhaltiger Mineralien im Granit und andern Urgebirgsarten scheint immer ein gewisses

*) Poggend. Annal. Bd. XVIII. S. 123.

geognostisches Interesse zu haben, wenn auch die Erklärung, selbst nach den jetzt herrschenden vulkanischen Theorien, nicht mehr mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft ist; aber es scheint mir, als steigere sich das Interesse, wenn, unter denselben äufseren Verhältnissen, neben dem wasserhaltigen Mineral noch ein anderes gefunden wird, welches, bis auf diesen Wassergehalt, völlig mit dem ersten in seiner Zusammensetzung übereinstimmt.“

Wenn nicht die leidige Druckhypothese, worauf auch v. Bonsdorff zu deuten scheint, die Augen vieler Geognosten geblendet hätte: so würde man gewifs die Bedeutung des Vorkommens wasserhaltiger Fossilien im Granite schon längst erkannt haben. Dieser Chemiker dürfte jedoch das Unbefriedigende dieser Hypothese selbst gefühlt haben, weil das Zusammenvorkommen zweier Fossilien, wovon das eine wasserfrei, das andere wasserhaltig ist, das Interesse steigern soll. Das Interesse der Ultraplutonisten dürfte indefs dadurch wenig gesteigert werden; denn da, wo Wasser in die Mischung eines Fossils nicht eingetreten ist, braucht der Druck es auch nicht zurück zu halten. Wäre man auf den so nahe liegenden Gedanken gekommen, dafs im Laufe der Zeit das wasserfreie Fossil Wasser aufgenommen und sich dadurch in ein wasserhaltiges umgewandelt habe, statt eine qualitas occulta anzunehmen: so würde man schon längst zu der unbestreitbaren Thatsache geführt worden sein, dafs die Fossilien im Gesteine einer Veränderung oder Umwandlung fähig sind.

Keine Erscheinungen im Mineralreiche können mehr zur Ueberzeugung führen, dafs in unsern Gebirgen beständig fort Umwandlungsprocesse von statten gehen, als die in Rede stehenden des Cordierits. Wer sieht, wie mit der Aufnahme des Wassers die ersten Spuren der Veränderung des Cordierits eintreten, und doch noch nach andern Kräften, als nach dem Wasser sich umsieht, um diese Veränderung zu begreifen, der ist nicht zu bekehren.

Sehen wir, zu welchen Schlüssen die Analysen der Cordierite, Fahlunite u. s. w. bis zu den Piniten und Glimmerarten führen.

Mit Ausnahme des etwas zweifelhaften Kaligehalts in dem von L. Gmelin analysirten Cordierit (S. 369), hat man

in keinem andern eine Spur von Alkalien angetroffen. Auch im Fahlunit fand Hisinger kein Alkali *), Trolle-Wachtmeister dagegen im krystallisirten Fahlunit 1,38 Procent Kali ohne Natron, im schwarzen 1,98 Procent Kali und eine Spur Natron und im braungrünen 0,94 Procent Kali und die beträchtliche Menge von 4,45 Procent Natron. Ganz unzweifelhaft zeigt dieser schwankende Gehalt an Alkalien schon die begonnene und mehr oder weniger fortgeschrittene Umwandlung des ursprünglichen Cordierits. Die Aufnahme des Wassers beträgt im Fahlunit 8,7 bis 13,5 Procent. Da indefs die Analysen der Cordierite schon Wasser in schwankenden Mengen bis zu 3 Procent nachweisen: so ist zu schliefsen, dafs dieselben gleichfalls schon in beginnender Umwandlung begriffen waren. Der reine, wasserfreie Cordierit ist also noch aufzufinden.

Die Aufnahme von Wasser scheint daher der vorbereitende Procefs der Umwandlung zu sein. Im Bonsdorffit, welcher 10 Procent Wasser hält, fand v. Bonsdorff kein Alkali. Ob aber nicht schon durch die ersten aufgenommenen Quantitäten Wassers Alkalien in so geringer Menge in die Mischung dieser mehr oder weniger umgewandelten Cordierite traten, dafs sie der Chemiker nicht mehr nachzuweisen im Stande ist, wollen wir dahin gestellt lassen. Bonsdorff prüfte gar nicht auf Alkalien. Ob mit der gänzlichen Umwandlung in Glimmer das Wasser völlig verschwindet, oder nur bis auf ein Minimum herabsinkt, ist ungewifs, da unter den 41 Analysen, welche wir von den verschiedenen Glimmerarten besitzen, 25 einen Wassergehalt oder Glüheverlust angeben.

Ordnen wir die mittleren Glieder zwischen Cordierit und Pinit oder Glimmer, nach zunehmendem Kaligehalt und fügen den Gehalt an Natron und Wasser bei: so erhalten wir folgende Reihe.

*) Trolle-Wachtmeister vermuthet indefs (Poggend. Annal. Bd. XIII. S. 71.), dafs unter dem bedeutenden Verluste von 4,6 Procent in Hisinger's Analyse ein bedeutender Theil Magnesia und auch Alkali versteckt sein möge.

		Kali	Natron	Wasser
		nach Proc. d. Fossilien.		
Fahlunit	braungrüner, unkrystallisirter v. *Fahlun*	0,94	4,45	11,66
Pyrargillit	v. *Helsingborg*	1,05	1,85	15,47
Fahlunit	dunkelgrauer, krystallisirter von *Fahlun*	1,38	—	8,65
Fahlunit	schwarzer, krystallisirter von *Fahlun*	1,98	Spur	9,35
Gigantolith	von *Tammela* in *Finnland*	2,70	1,20	6,00
Weissit,	von *Fahlun*	4,1	0,68	3,20
Pinit	von *St. Pardoux* in der *Auvergne*	7,9	0,4	1,4
Pinit	von *Neustadt* bei *Stolpen*	11,2	—	1,2
Kaliglimmer	aus der Gegend v. *Fahlun*	8,3 bis 9,6	— —	1, bis 3,3

Man sieht, mit zunehmendem Kali nimmt das Natron und das Wasser ab. Es scheint daher das früher aufgenommene Natron später wieder durch das Kali verdrängt zu werden.

Mehr Licht wirft auf den Umwandlungsprocefs die Vergleichung der Analyse zweier Pinite von Rammelsberg *) und des säulenförmigen Glimmers von *Neustadt* bei *Stolpen* von Ficinus **).

*) Drittes Suppl. zum Handwörterbuch. S. 94.

**) Schweigger's Journ. Bd. XXVI. S. 280.

	a	*b*	*c*	*d*
Kieselsäure . .	47,00	46,83	54,6	50,82
Thonerde . . .	28,36	27,65	23,6	21,33
Eisenoxydul . .	7,08	7,84	7,8	9,08
Manganoxydul .			1,6	Spur
Magnesia . . .	2,48	1,02	0,8	—
Kalkerde . . .	0,79	0,49	Spur	
Kali	10,74	6,52	11,2	9,86
Natron	1,07	0,40		Lithion 4,05
Wasser . . .	3,83	7,80	1,2	Flufss. 4,81
	101,35	98,55	100,8	99,95

a) Pinit von *Penig*, dessen blaugraue Masse mit einem rothen glimmerigen Ueberzuge bedeckt war. Diese Analyse stimmt mit früheren, von Scott und Rocher in Rammelsberg's Laboratorium unternommenen *) sehr nahe überein; nur dafs in diesen keine Magnesia und kein Natron gefunden wurden.

b) Pinit von *Aue* bei *Schneeberg*, dessen Glimmerüberzug noch die eigenthümliche Farbe dieses Fossils zeigt. Von beiden wurde die Glimmersubstanz vor der Analyse auf mechanischem Wege möglichst entfernt. Es ist Schade, dafs Rammelsberg nicht auch diesen unzweifelhaft aus dem Pinit hervorgegangenen Glimmer analysirt hat.

c) Säulenglimmer.

d) Grauer Lithionglimmer aus *Cornwall* nach Turner **).

Obgleich dieser Glimmer von einem andern Fundorte, als jene Pinite ist, so zeigt die Vergleichung der Analysen doch eine so nahe Uebereinstimmung, dafs der Uebergang nicht schwer nachzuweisen ist. Die Umwandlung erfolgte durch Verminderung der Thonerde, Magnesia, Kalkerde und des Wassers, wodurch die Kieselsäure relativ sich vermehrte. Vielleicht dafs eine Wiederholung der Analyse *c* auch einen Natrongehalt im Kali auffinden lassen würde.

Der Säulenglimmer gehört demnach zum Kaliglimmer,

*) Rammelsberg Handwörterbuch. Abth. II. S. 60.

**) Poggend. Annal. Bd. VI. S. 481.

der sich im Allgemeinen vom Magnesiaglimmer durch seinen gröfseren Gehalt an Kieselsäure und Thonerde und durch die fehlende Magnesia unterscheidet. Am nächsten steht er dem oben bemerkten Lithionglimmer, wenn man vom Lithion- und Flufssäuregehalte abstrahirt.

Vergleicht man endlich die mittlere Zusammensetzung des Cordierits mit der der vorstehenden Pinite und des Säulenglimmers: so sieht man, wie die Umwandlung des Cordierits in Pinit und Glimmer in einer fortwährenden Verminderung der Thonerde und der Magnesia, der letzteren bis zum Verschwinden, beruht, und wie dagegen Alkali aufgenommen wird.

Es würde von grofsem Interesse sein, Glimmer, welcher als Umwandlungsproduct auf den übrigen Fossilien der Umwandlungsreihe erscheint, gleichfalls zu analysiren, um zu ermitteln, ob die pseudomorphischen Processe stets dieselbe Richtung nehmen, und ob Kaliglimmer stets das Resultat derselben ist.

Blum *) bringt die Fossilien dieser Umwandlungsreihe in zwei Abtheilungen. Zur ersten gehören: harter Fahlunit, Fahlunit, Esmarkit, Bonsdorffit und Chlorophyllit; sie unterscheiden sich nur durch den Wassergehalt. Zur zweiten gehören der Pyrargillit von *Helsingfors* und *Brunhult*, der Gigantolith und Pinit, bei welchen der Alkali- und Wassergehalt verschieden sind. Der Praseolith nimmt die Mitte zwischen beiden Abtheilungen ein, während der Weissit mehr vereinzelt dasteht. Die Fossilien der ersten Abtheilung scheinen vorzugsweise einaxigen, die der zweiten zweiaxigen Glimmer zu geben. Stets findet aber eine Verminderung der Härte und eine Zunahme des specifischen Gewichts statt. So ist z. B. das specifische Gewicht des Cordierits 2,62, das des Pinits 2,75 und das des Glimmers 2,9. Beim Uebergange des Cordierits in Glimmer würde daher eine Volumen-Verminderung um 10 Procent eintreten, wenn die zu- und weggeführten Stoffe einander das Gleichgewicht halten sollten.

Verlangt man weitere Beweise, dafs das Wasser in vorbenannten Pseudomorphosen nach Cordierit nicht ein, während ihrer angenommenen Bildung auf feuerflüssigem Wege, durch

*) Nachtrag. S. 52.

Druck zurückgehaltenes Urwasser, sondern dafs es erst nach ihrer Bildung in sie eingedrungen sei: so findet man diese Beweise in den Angaben der Chemiker, welche diese Fossilien analysirt haben. So zeigte sich, nach dem Austreiben des Wassers aus dem braungrünen Fahlunit, bei stärkerer Hitze die Gegenwart eines organischen Stoffs durch Verkohlung *). Das Wasser aus dem dunkelgrauen Fahlunit enthielt Spuren von Fluorkieselgas **) und das aus dem Gigantolith und Weissit Ammoniak ***). C. G. Gmelin †) erhielt, als er Pinit in einem Glaskolben vor der Weingeistlampe erhitzte, Wasser von sehr widerlichem, brenzlichem Geruche, welches geröthetes Lackmus schnell blau färbte, mithin gleichfalls Ammoniak enthielt. Er macht darauf aufmerksam, dafs der Pinit nie im frischen Gesteine sich findet, sondern, wie z. B. in der *Auvergne*, in einem verwitterten Granit, welcher die vulkanischen Berge jener Gegend trägt. Am *Pinistollen* kommen auch die gröfsten Krystalle im zersetzten Granit, kleinere, aber reiner gestaltet, im frischen Gesteine vor.

Niemand wird wohl annehmen, dafs jene thierische Substanz in den genannten Fossilien vorhanden gewesen sein konnte bei ihrer vorausgesetzten Bildung auf feuerflüssigem Wege. Oder sollte es wirklich Ultraplutonisten geben, welche eben so, wie durch Druck Wasser, auch thierische Substanzen in Fossilien zurückhalten, ja sogar dadurch vor der Zersetzung schützen lassen? —

So wie es in der Geognosie ein untrügliches Kennzeichen der Entstehung eines Gesteins auf nassem Wege ist, wenn in ihm organische Ueberreste in bestimmbaren Formen vorkommen: so ist es in der Chemie ein ebenso untrügliches Kennzeichen, dafs, auf chemischem Wege nachweisbare, orga-

*) Trolle-Wachtmeister in Poggend. Annal. Bd. XIII. S. 70.

**) Derselbe ebend.

***) Ebend. Bd. XLV. S. 560, Bd. XIII. S. 371. und Bd. XIV. S. 190. Trolle-Wachtmeister vermuthet, dafs das Ammoniak von dem Weissit auf der Halde, wo man ihn findet, aus der Luft aufgenommen worden sein möchte. Merkwürdig ist ein Gehalt von 0,3 Proc. Zinkoxyd.

†) Kastner's Archiv. Bd. I. S. 228.

nische Ueberreste in einer Mineralsubstanz entweder aus der Luft oder aus dem Wasser aufgenommen worden sein müssen. Hat die Luft zu einem im Gebirgsgesteine eingeschlossenen Fossil keinen Zutritt, so kann nur das, alle Gesteine durchdringende Wasser die organischen Ueberreste zugeführt haben, und um so weniger ist daran zu zweifeln, da es kein Quellwasser, selbst kein Regenwasser giebt, welches nicht wenigstens Spuren solcher Substanzen enthält.

So lange als ein Fossil, wie der Cordierit, nur selten vorkommt, kann seine Umwandlung in Glimmer keine grofse geologische Bedeutung haben. Findet es sich aber als Gemengtheil in grofsen Gebirgsmassen, so mufs man die Frage aufwerfen, ob es vielleicht bei metamorphischen Processen eine Rolle gespielt habe.

Nach Naumann *) zeichnet sich der schwarze, grobflasrige, aus schwarzem Glimmer, Feldspath und grauem Quarz bestehende Gneifs, welcher bei *Luntzenau* und *Rochsburg* in insularischen Parthieen im Granulitgebirge vorkommt, durch häufige und sehr innige Beimengung von Cordierit aus. Der Gehalt an diesem Fossile ist besonders da recht auffallend, wo das Gestein reicher an Feldspath ist und eine krystallinisch-grobkörnige, undeutlich flasrige Textur annimmt, während er bei sehr vorwaltendem Glimmer und flasrig-schiefriger Textur weniger deutlich hervortritt, auch wohl gänzlich fehlt, überhaupt aber mehr stellenweise, als in gleichmäfsiger Verbreitung aufzutreten scheint. An einer Stelle (in der nach *Himmelhantha* zu aufsteigenden Schlucht) wird der schwarze Gneifs immer glimmerreicher und weicher. Er erscheint dann als schwärzlich grauer Glimmerschiefer mit Flammen und Nestern von granitischer Natur und geht weiterhin in den gewöhnlichen grauen Glimmerschiefer über. Naumann betrachtet daher die *Luntzenauer* Gneifsparthie als einen integrirenden Theil des äufseren Glimmerschiefergebirges, mit welchem sie eben sowohl durch allmäligen Gesteins-Uebergang,

*) Erläuterungen zu der geognost. Charte des Königreichs Sachsen Heft. I. S. 25 ff.

wie durch stetig fortsetzende Schichten-Stellung auf das Innigste verbunden ist, obwohl man bei dem, durch pechschwarzen, grobschuppigen Glimmer, durch reichlichen Feldspath- und Cordieritgehalte characterisirten Gesteine, bei den stark undulirten, oft an die Formen einer heftig wallenden Flüssigkeit erinnernden Schichten, bei den plumpen, wollsackähnlichen Felsmassen des Cordieritgneifses kaum noch an den dortigen Glimmerschiefer denken möchte. — Ganz ähnliche Ercheinungen lassen sich an der *Schönborner* Schiefer-Halbinsel im *Zschopauthale* wahrnehmen. Das Extrem einer solchen Gesteins-Metamorphose findet sich in einem festen, Cordierit-reichen Gneifse zwischen *Clausnitz* und *Mohsdorf*. Es ist diefs wiederum nur die Spitze einer Schiefer-Halbinsel, welche bei *Limbach* das Schiefergebirge verläfst und sich von da über *Hartmannsdorf* bis *Clausnitz* in einer Länge von fast 2 geogr. Meilen mitten in das Granulitgebirge hinein erstreckt. Auch hier ist das Gestein immer mehr Gneifs, als Glimmerschiefer. Es wird weiterhin sehr grobflasrig, enthält viel eisenschwarzen Glimmer, so wie Knoten und Flammen von Feldspath und Quarz, und läfst endlich am *Taurasteine* und an den Felsen im *Chemnitz-Thale* einen mehr oder weniger bedeutenden Gehalt an Cordierit wahrnehmen *).

In der That, wüfsten wir nicht, dafs sich der Cordierit in Glimmer umwandeln könne, eine nur wenig aufmerksame Betrachtung der von Naumann so klar entwickelten Verhältnisse würde zu dem wahrscheinlichen Schlusse führen, dafs an den angeführten Stellen eine solche Umwandlung stattgefunden haben möchte.

Wo der Glimmer im Gneifse sehr vorwaltet, da tritt der Cordierit weniger deutlich hervor, fehlt auch wohl gänzlich, und endlich geht der Gneifs in Glimmerschiefer über. Möchte man daher nicht schliefsen, dafs eine Umwandlung des Cordierits in Glimmer stattgefunden habe? — Dafs in den, in Rede stehenden Gebirgsmassen bedeutende Metamorphosen stattgefunden haben, ist nicht zu bezweifeln; man könnte daher wohl an jene Möglichkeit denken. Ganz entschieden wei-

*) Ebend. H. II. S. 25.

set nachstehende Beschreibung Naumann's auf metamorphische Processe hin.

„Der stetige Zusammenhang mit dem äufsern Glimmer- und Thonschiefer, die allmälige Veränderung des Gesteins und die zugleich eintretenden Undulationen und Tortuositäten der Schichten, die Ausscheidung von Quarz und Feldspath in Flammen und Streifen, die allmälige Anreicherung mit gelbem und braunem Feldspathe, endlich auch eine deutliche Einmengung von Cordierit, — das ist es, was der aufmerksame Beobachter in den Felsen von *Schönborn* über den *Jungfernsprung* hin bis zum *Beutelloche* wahrnehmen wird, woselbst sich der Gneifs am *Mittweidaer* Granite abstöfst.“

Wir finden hier ausgeschiedenen Quarz in Flammen und Streifen, also lagerartig. Dem zu Folge, was Bd. II. S. 302 über die Zersetzung des Feldspaths bemerkt wurde, erscheint es sehr wahrscheinlich, dafs dieser Quarz ein Zersetzungsproduct desselben sei. Was die Ausscheidung des Feldspaths betrifft, so findet auch diefs seine richtige Deutung, wenn man sich an das erinnert, was S. 331 hierüber bemerkt wurde; denn hier, wie dort ist ja das Schiefergebirge das ursprüngliche Gestein, aus welchem Gneifs und Glimmerschiefer hervorgegangen ist.

Könnte man nicht den mit allmäliger Veränderung des Gesteins verknüpften Undulationen und Tortuositäten der Schichten die Deutung geben, dafs eine regelmäfsig geschichtete Gneifsparthie an Stellen, wo sie Zersetzungsprocessen durch Gewässer ausgesetzt war, wobei Kieselsäure fortgeführt wurde, sich senkte, dagegen an andern Stellen, wo die Zersetzung noch nicht begonnen hatte, oder noch nicht weit fortgeschritten war, ihre ursprüngliche Lage beibehielte oder doch nur wenig veränderte? Es würde ein Verhältnifs sein, wie das, worauf wir (Bd. I. S. 542), als von Wegwaschungen des Gypses die Rede war, aufmerksam gemacht haben. Eben so wie da, wo ein Gypsflötz weggewaschen wird, die darüber liegenden Schichten sich senken und dadurch Störungen der Schichten-Verhältnisse eintreten: so würde dasselbe auch bei einem zusammengesetzten Gesteine, wenn Bestandtheile desselben fortgeführt würden, der Fall sein.

Auf dem *Galgenberg* bei *Mittweida* erhält man Aufschlufs

über die Verknüpfung der festen Cordierit-haltigen Varietät des Gesteins mit der weichen, glimmerreichen. Jene bildet nämlich rundliche Blöcke, welche in dieser eingeschlossen sind, wobei sich ein Uebergang der Massen und eine Art von schaliger Umhüllung der Blöcke durch das weichere Gestein zu erkennen giebt.

Hier liegt die Vermuthung einer Umwandlung des Cordierits in Glimmer sehr nahe; denn wenn im Innern dieser rundlichen Blöcke ein Cordierit-haltiger Kern sich findet, und derselbe von einer glimmerreichen Schale umgeben ist: so möchte man schliefsen, dafs die von aufsen nach innen fortschreitende Umwandlung noch nicht ihr Ende erreicht habe. Das Wasser leitet diese Wirkung ein; denn die Aufnahme desselben, womit zugleich eine Abnahme der Härte verknüpft ist, erscheint als der erste Act der Umwandlung. Man möchte daher vermuthen, dafs in jenen Blöcken das Wasser noch nicht bis in das Innere gedrungen sei.

Vorstehende Bemerkungen glaubte ich nicht dem Drucke übergeben zu dürfen, ohne sie vorher der Prüfung meines verehrten Freundes Naumann unterworfen zu haben. Mit seiner Erlaubnifs theile ich seine dagegen vorgebrachten Einwendungen mit.

„In Betreff Ihrer Interpretation unseres Cordierit-haltigen Gneifses, in der Umgebung des Granulits, bedaure ich schmerzlich, mit Ihnen nicht übereinstimmen zu können. Sie gehen von der Ansicht aus, dafs dieser Gneifs das anfänglich Gegebene, und der Glimmerschiefer das daraus Gewordene sei. Allein die Gesammtheit der dort vorliegenden Erscheinungen vereinigt sich zur Bestätigung des Gegentheils. Glimmerschiefer war der Prototypus des dasigen Gneifses; jener geht nach aufsen in Thonschiefer, nach innen in Cordierit-führenden Gneifs über, und der Granulit und Granit müssen bei der Bildung dieses Ueberganges gewirkt haben. Ich bin überzeugt, dafs diese Umwandlung nur eine solche war, bei welcher sich die Stoffe des Thonschiefers unter anderen Proportionen gruppirten und vereinigten; ich bin überzeugt, die Bausch- und Bogen-Analyse eines Cubikfufses dortiger Thonschiefer wird fast dasselbe Elementar-Resultat liefern, wie die eines Cubikfuses Glimmerschiefer oder

Cordieritgneifs. Bei *Wechselburg* und an vielen anderen Orten läfst sich die allmälige Umbildung des Thonschiefers in Glimmerschiefer, des Glimmerschiefers in Cordieritgneifs Schritt für Schritt verfolgen. Der Thonschiefer ist aber doch gewifs das anfänglich gegebene Gestein; er wird weiter im Hangenden von entschieden sedimentären Gesteinen mit devonischen Petrefacten (bei *Altmörbitz*) bedeckt. Die ganze Veränderung verweist uns also nach Innen, d. h. nach dem Granulit, als dem Sitze der Ursache, von welcher sie ausgegangen ist. Unmöglich können wir doch in der nächsten Nachbarschaft der verändernden Ursache das ursprüngliche und unveränderte Gestein suchen und finden wollen! — Und nun bitte ich die Architektur, die Form-Verhältnisse der veränderten Schiefergesteine zu berücksichtigen: allseitige Aufrichtung der Schichten; aus- und einspringende Winkel an der Grenze; grofse, lang gestreckte, eckig conturirte Schollen des Schiefergebirges mitten im Granulit eingesenkt und diese am stärksten umgewandelt! Man wird selten Ursache und Wirkung, Ursprüngliches und Secundäres so bestimmt zu erkennen vermögen, als gerade hier."

Es sei fern von mir, einem so ausgezeichneten Geognosten in der Darstellung der Gebirgsverhältnisse im mindesten widersprechen zu wollen. Mein verehrter Freund und ich stimmen vollkommen darin überein, dafs der Thonschiefer das Ursprüngliche, der Glimmerschiefer und der Cordieritgneifs das Secundäre sei. Ich will zugeben, dafs die elementare Zusammensetzung des Thonschiefers, des Glimmerschiefers und des Cordieritgneifses identisch seien, obwohl diese Identität, wie ich nachher zeigen werde, auf eine Schwierigkeit führt. Ich will nicht in Abrede stellen, dafs der Granulit und Granit bei der Umwandlung mitgewirkt haben; allein ich mufs dann die Frage aufwerfen, in welcher Weise haben diese Gesteine die Umwandlung bewirkt? — Mit der Idee, dafs ein glühendes oder selbst geschmolzenes Gestein ganze Gebirgsmassen metamorphosiren könne, bin ich nicht im Stande mich zu befreunden. Um Wiederholungen zu vermeiden, beziehe ich mich auf das oben (S. 350 ff.) hierüber Gesagte. Ich halte nur die beiden Puncte fest: 1) dafs entfernt von jedem krystallinischen Feldspathgebirge ähnliche Umwandlungen vorkom-

men, wie in dessen unmittelbarer Berührung, und 2) daſs die Voraussetzung einer Einwirkung einer auch noch so heiſsen Masse auf benachbarte Massen von bedeutenden Dimensionen, um totale Metamorphosen hervorzubringen, den physikalischen Gesetzen der Wärme geradezu widerspricht. Hat daher der Granulit auf die in ihm eingesenkten Schollen des Schiefergebirges eingewirkt: (und wer könnte daran zweifeln, wenn man diese am stärksten umgewandelt findet?) so muſs man sich nach einer andern Wirkungsart umsehen.

Berechnet man, wie viel ein gegebener Thonschiefer, dessen Bestandtheile bekannt sind, etwa der von *Goslar*, durch irgend eine Umwandlung, ohne daſs jedoch etwas dazu oder davon kommt, Feldspath, Glimmer und Quarz liefern könne, und kommt man auf einen Rückstand von 45 Proc., den man im Gneiſse nicht findet: so muſs man schlieſsen, daſs diese Umwandlung ohne Austausch nicht erfolgen könne. Verfolgt man die Rechnung und findet sich, daſs jenem Thonschiefer nur 4,22 Proc. Kali zugeführt und 2,08 Proc. Kalk aus ihm fortgeführt zu werden brauchen, um eine Gebirgsart zu liefern aus

23,23	Proc.	Kalifeldspath
23,23	„	Quarz
46,66	„	Glimmer
93,12		

eine Gebirgsart, die einen an Glimmer sehr reichen Gneiſs darstellen würde: so wird es begreiflich, wie ein umgebendes Granulitgebirge den Thonschiefer metamorphosiren könne, wenn es diesem 4,22 Proc. Kali zu liefern vermag.

So weit sind die plutonischen und neptunischen Metamorphisten gewiſs ganz conform. Sie werden aber Antipoden, wenn man nach der Umwandlungsart frägt. Jene sind gewiſs keinen Augenblick in Verlegenheit, die Umwandlungsart in einer Sublimation des Kali aus dem Granulit in den Thonschiefer zu suchen. Diese hingegen, welche an solche Sublimationen und Einführungen dampfförmiger Massen, hunderte ja vielleicht tausende Fuſs weit in feste Gesteine hinein, nicht glauben können, suchen andere Transportwege. Sie halten es nicht für nöthig Quellen zu untersuchen, wel-

che aus dem Granulitgebirge kommen; mit Bestimmtheit können sie voraussagen, dafs Gewässer, welche durch dasselbe, durch ein der Hauptmasse nach aus Feldstein bestehendes Gestein dringen, Kali (oder Alkalien überhaupt), sei es als Carbonat oder als Silicat, aufnehmen müssen, wenn die Gewässer überhaupt etwas aufnehmen. Und wie könnte diefs bezweifelt werden, da der Granulit der Verwitterung so sehr ausgesetzt ist? —

Da nun Gewässer aus einer Gebirgsart in eine andere übertreten, wenn nur Permeabilität stattfindet, und da die häufigen Spalten und Sprünge im Granulit, welche nach allen Richtungen laufen, das Eindringen der Gewässer aus diesem Gesteine in den Thonschiefer begünstigen: so können sich die neptunischen Metamorphisten sehr wohl eine Infiltration des Kali aus dem Granulit in den Thonschiefer denken, ohne irgend etwas annehmen zu müssen, was physikalischen oder chemischen Gesetzen widerspräche.

Mit der Idee eines Austausches zwischen Kali und Kalk, auf nassem Wege, dürften sich, im Vorbeigehen gesagt, die plutonischen Metamorphisten vielleicht befreunden, wenn sie sich der Untersuchung eines verwitterten Feuerstein-Messers von Berzelius erinnern, (wovon im nächsten Kapitel mit mehrerem die Rede sein wird), welches als Artefact gewifs nie in die Hände des Vulkans gekommen war, und worin sich wirklich Kalkerde gegen Kali ausgewechselt hatte. Sie dürften sich um so mehr damit befreunden, wenn sie erwägen wollen, dafs eine Auswechslung auf plutonischem Wege rein unmöglich ist; denn wenn man auch eine Sublimation einer Substanz in ein Gestein hinein zugeben wollte, so kann man doch fürwahr nicht eine gleichzeitige Sublimation einer andern Substanz aus diesem Gesteine hinaus annehmen? —

Es dürfte nicht schwer werden, aus der Zusammensetzung des Thonschiefers, unter Voraussetzung ähnlicher Auswechslungen zwischen einzelnen Bestandtheilen desselben und denen in den Gewässern, welche ihn durchdrungen haben, einen Glimmerschiefer heraus zu rechnen, und so die Möglichkeit einer Umwandlung des Thonschiefers in Glimmerschiefer darzuthun. Nehmen wir aber letzteren in seiner reinen Form als ein Gemeng aus Quarz und Glimmer: so könnten

wir seine weitere Umwandlung in Cordieritgneifs nur durch die Annahme begreifen, dafs seine beiden Gemengtheile eine theilweise Zersetzung erlitten und aus den Zersetzungsproducten zwei neue Gemengtheile, nämlich Feldspath und Cordierit, sich gebildet hätten. Wären uns Pseudomorphosen von Feldspath und Cordierit nach Glimmer bekannt, so würden wir einen Anhaltepunct für eine Umwandlung des letzteren in die beiden ersteren gewinnen; da aber gerade umgekehrt Glimmer in Formen von Feldspath und Cordierit vorkommt: so ist seine Umwandlung in diese beiden Fossilien ein, mit nur geringer Wahrscheinlichkeit anzunehmender Procefs. Von chemischer Seite ist daher eine Umwandlung des Glimmerschiefers in Cordieritgneifs nicht wohl zu begreifen. Wenn nun die geognostischen Verhältnisse die Annahme einer Umwandlung des letzteren in ersteren nicht rechtfertigen: so dürfte die Annahme, dafs aus dem Thonschiefer, je nach Verschiedenheit der Umstände, theils Glimmerschiefer, theils Cordieritgneifs entstanden sei, die meiste Wahrscheinlichkeit haben.

In Beziehung auf die Bildung wasserfreier Silicate auf nassem Wege, theilte mir Naumann folgende interessante Bemerkungen mit. „Das Vorkommen solcher Silicate auf Erzgängen ist eine Erscheinung, an welcher Ihr, doch vielleicht etwas zu weit getriebener Neptunismus eine mächtige Stütze findet. Wegen des von Hausmann angeführten Vorkommens von Feldspath auf den *Kongsberger* Gängen, habe ich bei Keilhau ausdrücklich angefragt, und die Antwort erhalten, dafs ihm dasselbe ganz unverbürgt erscheine. Das einzige Beispiel von krystallisirtem Feldspath in einer sedimentären Bildung, welches ich in *Sachsen* kenne, ist das im Sandsteine bei *Oberwiesa*, der von zahlreichen Bergkrystall-Trümmern durchschwärmt wird, die zum Theil schöne Drusen von blauem Flufsspath und krystallisirtem Feldspath führen *). Ich mufs aber bemerken, dafs dieser Punct auf einem Sattelrücken liegt, unter welchem wahrscheinlich der Porphyr herauftritt, so dafs man an eine Sublimations-Bildung erinnert wird.“

*) Erläuterungen u. s. w. H. II. S. 391. Anm.

Mehrfach in diesen Blättern habe ich mich schon gegen die Möglichkeit einer solchen Bildung ausgesprochen; die Wahrscheinlichkeit, dafs an dieser Stelle der Porphyr herauftritt, kann mich daher in der Annahme nicht wankend machen, dafs jene Feldspathkrystalle in Klüften des Sandsteins auf nassem Wege entstanden seien. Und so reiht sich diese höchst interessante Erscheinung an die oben (S. 321. 331. 344. 345. 351 und ff.) angeführten Fälle, welche eben so entschieden für eine Bildung oder wenigstens für eine Regeneration des Feldspaths auf diesem Wege sprechen.

Ist endlich eine Umwandlung des Thonschiefers in Cordieritgneifs auf nassem Wege nicht zu bezweifeln, so ist auch gegen die Bildung des Cordierits aus den Silicaten dieses sedimentären Gesteins nichts zu erinnern.

Th. Scheerer *) führt an, dafs im Gneifse, in der Umgegend der Stadt *Toedestrand,* stellenweise sehr glimmerreiche Lagen vorkommen, welche theils einen wirklichen Glimmerschiefer bilden, theils aber fast nichts anderes, als mehr oder weniger grofse parallele Glimmerblätter enthalten. In diesen sehr glimmerreichen Gneifs-Parthieen, welche meist nur von sehr geringen (nestartigen) Dimensionen sind, ist Cordierit eingewachsen, zuweilen begleitet von weifsem Quarz, einem albitartigen Feldspath, ausgezeichnet schönem Almandin und von kleinen Krystallen einer Art von Titaneisen. Scheerer betrachtet diese Fossilien nur als integrirende, zufällige Gemengtheile des Gneifses; denn der Cordierit nimmt zuweilen die Stelle des Quarzes im gewöhnlichen Gneifse ein, wie diefs dicht bei der Stadt, auf dem Wege nach *Näs*-Eisenwerk, zu sehen ist.

Man möchte vermuthen, dafs jene Glimmerparthieen von umgewandeltem Cordierit herrühren, dessen noch nicht umgewandelte Reste den Kern bilden.

*) N. Jahrb. für Mineral. u. s. w. Jahrg. 1843. S. 643.

Kap. III.

Granatartige Fossilien.

Unter diesem Namen fassen wir die Fossilien Wernerit, Turmalin, Granat und Vesuvian zusammen, welche, mit Ausnahme des ersteren (S. 413), bis jetzt in fremden Krystallformen nicht gefunden wurden, in deren Krystallformen aber andere Fossilien vorkommen. Wir zählen daher diese granatartigen Fossilien, mit Ausnahme des Wernerits, zu den primären.

A. Wernerit.

Darunter begreifen wir die mit den Namen Skapolith, Bergmannit, Spreustein, Mejonit, Ekebergit, Nuttalit, Schmelzstein, Chelmsfordit, Pyramidaler Feldspath bezeichneten Fossilien.

Nachdem E. Th. Wolff *) eine verdienstliche, ausführliche Untersuchung der Substanzen, welche zum Skapolith gerechnet werden, angestellt, und neun verschiedene Analysen dieser Substanzen geliefert hat, stieg die Zahl der Analysen über zwanzig. Dessen ungeachtet ist noch nicht jeder Zweifel über ihre chemische Zusammensetzung beseitigt.

Sehen wir ab von den Analysen des Wernerits von *Arendal* und von *Sjösa* in *Schweden*, welche theils nicht vollständig sind, theils offenbar metamorphosirtes Mineral betreffen: so scheint sich Alles, was man bisher unter den obigen

*) De compositione fossilium Ekebergitis, Scapolithi et Mejonitis. Berol. 1843.

Namen bezeichnet hat, chemisch betrachtet, in drei Verbindungen darzustellen.

1) Skapolithe von *Malsjö*, *Hirvesalo*, *Bolton*, *Hesselkulla*, *Arendal*, *Pargas*, *Ersby* enthalten ungefähr 50 Proc. Kieselsäure, 4—7,5 Proc. Natron.

2) Mejonite enthalten ungefähr 42 Proc. Kieselsäure, 1—3 Proc. Natron und Kali.

3) Wernerite von *Pargas*, *Tunaberg* und *Ersby* enthalten 44—45 Proc. Kieselsäure, 0—1,5 Proc. Alkali.

Man vergleiche hiermit Rammelsberg's Bemerkungen Bd. I. S. 519. Note.

Die vorwaltenden Bestandtheile des Wernerits sind Thonerde- und Kalksilicat; dazu kommen aber alkalische Silicate in unbestimmten Verhältnissen bis zum Verschwinden. Da der Wernerit eine besondere Neigung zur Metamorphose zu haben scheint (Bd. I. S. 847): so können seine chemischen Formeln keine grofse Bedeutung haben. Hierüber kann man indefs bei Rammelsberg nachlesen. Hinsichtlich des Wassergehaltes der Wernerite beziehen wir uns auf Bd. I. S. 848. Er steigt in einigen bis auf 3,3 bis 5 Proc.

Fein gepülvert wird der Wernerit von Salzsäure vollkommen zersetzt, ohne zu gelatiniren. Der Mejonit vom *Vesuv* gelatinirt aber nach L. Gmelin und v. Kobell.

Der Wernerit gehört zu den wenig verbreiteten Fossilien. Er findet sich im Granit (*Chursdorf* und *Wünschensdorf* in *Sachsen*, *Lisens* in *Tyrol*, im Gebirge von *Aegueclüse* in den *Pyrenäen*, *Wiborg* und *Helsingforfs* in *Finnland*), auf Magneteisen-Lagerstätten (*Arendal* in *Norwegen*, *Langbanshytta*, *Hällesta* u. a. m. O. in *Schweden*). Am häufigsten kommt er im körnigen Kalke vor (*Straschkau*, *Wiczenitz*, *Roschitz* in *Mähren*, *Mauléon* und *Castillon*, sogenannter Dipyr, in den *Pyrenäen*, *Ersby*, *Pargas*, *Kurilakali* und *Storgard* in *Finnland*, *Grenville* in *Ober-Canada*, *Gouverneur* und *Amity* in *New-York*, *Newton* in *New-Jersey*, *Attleboro* in *Pennsylvanien*, *Chester*, *Bolton* (hier der Nuttalit) *Westfield* u. a. O. in *Massachusets*).

Dieser Fundorte wegen wird die plutonische Schule den Wernerit unbedingt zu den Feuerproducten zählen. Wenn aber der körnige Kalk schwerlich ein durch vulkanisches Feuer

veränderter sedimentärer Kalkstein ist, wenn sich der Wernerit selbst im Berge *Högeheien*, in *Norwegen* *), in Drusenräumen eines thonigen Kalklagers und in Höhlungen des Basaltes (*Marburg*) findet: so spricht dieses Vorkommen wenig zu Gunsten jener Bildung. Wir beziehen uns, was das Vorkommen des Wernerits in den Kalkbrüchen von *Ersby* betrifft, auf das, was hierüber Bd. I. S. 514 und S. 518 ff. bemerkt wurde. Die Beziehung zwischen Wernerit und Augit bringen wir besonders in Erinnerung.

Es hält nicht schwer, dem so häufigen Vorkommen des Wernerits im körnigen Kalke eine richtige Deutung zu geben, wenn wir von seiner Bildung auf nassem Wege ausgehen. Es scheinen dieselben Bedingungen, wie bei der Bildung des Wollastonits (Bd. I. S. 784 u. 785) stattzufinden. Aus Gewässern, welche neben Silicaten von Thonerde, Kalk und Alkalien, freie Kohlensäure enthalten, kann sich kein Wernerit bilden, da derselbe durch diese Säure so leicht zersetzt wird. Wenn aber die Tagewasser durch kohlensauren Kalk dringen, so scheidet sich ihre geringe Menge freier Kohlensäure durch Bildung von Kalkbicarbonat ab, und neben diesem können sie kieselsaure Kalkerde und kieselsaure Alkalien aus dem Kalksteine aufnehmen und in einem, von Kohlensäure ganz freien Drusenraume Wernerit absetzen.

Aber, wird man sagen, kann man noch an der Bildung des Wernerits auf feuerflüssigem Wege zweifeln, wenn man ihn in Auswürflingen älterer Eruptionen der *Somma* findet **)?

*) Scheerer in n. Jahrb. für Mineralogie u. s. w. Jahrg. 1843. S. 640.

**) „Es dürfte nicht überflüssig sein, eine Bemerkung Breislak's, (dessen Lehrb. d. Geologie von v. Strombeck Bd. III. S. 273.) über die grofse Mannichfaltigkeit einzeln liegender Fossilien und zwar vorzüglich unter denjenigen Stoffen, die von alten Ausbrüchen herrühren, in Erinnerung zu bringen. „Man hat behauptet, und ich selbst habe es wiederholt, sagt er, dafs diese Fossilien die Einwirkung des Feuers nicht erlitten hätten, und dafs sie nur durch die Kraft der Explosionen von ihren ursprünglichen Lagerstätten losgerissen worden seien. In der That bieten sie keine Kennzeichen dar, woraus man vermuthen könnte, das Feuer habe zu ihrer Bildung beigetragen. Aber an welchem

Man würde sich sehr irren, wenn man Alles, was man in vulkanischen Producten, in Lava u. s. w. findet, für Erzeugnisse des Feuers nehmen wollte. Wir haben schon darauf hingedeutet (Bd. II. S. 287), dafs Zeolithe, die wir in Lava finden, unmöglich solche Erzeugnisse sein können. Wir fügen hinzu, dafs es immer die alten Laven sind, in welchen sich Zeolithe (Analcim, Phillipsit u. s. w.) finden, und gerade so verhält es sich mit dem Mejonit, der nur in den Producten des alten *Vesuv's*, der *Somma*, vorkommt. Sollte denn der neue *Vesuv* die Kunst, Wernerite auf feuerflüssigem Wege zu bilden, verlernt haben? — Begreiflich wird uns das Vorkommen von Zeolithen, von Wernerit und ähnlichen in Drusenräumen vulkanischer Producte enthaltenen Fossilien, wenn wir sie, wie wir wenigstens von ersteren nicht anders können, für spätere Infiltrationsproducte halten; denn zu solchen Bildungen ist Zeit erforderlich. Wir zweifeln nicht, dafs sich in den vulkanischen Producten des heutigen *Vesuv's*, wenn sie einstens so alt geworden sein werden, wie die am *Somma*, im *Valle di Noto* am *Aetna*, oder zu *Viterbo* im *Kirchenstaate*, gleichfalls Zeolithe in Drusenräumen finden werden. Diejenigen Geologen welche sich nicht an die Vorstellung, oder richtiger an die Thatsache gewöhnen, dafs in Gesteinen, sie mögen unzweifelhaft vulkanischen oder sedimentären Ursprungs sein, allmälig Umbildungen durch die eindringenden Gewässer von Statten gehen, versperren sich selbst den Weg zur klaren Erkenntnifs.

Da das Vorkommen des Mejonits in Drusenräumen kör-

andern Orte hat man jemals ähnliche Fossilien angetroffen? — Die Vulkane dringen freilich bis zu unbekannten Tiefen; es ist jedoch auch nicht weniger gewifs, dafs im Innern derselben eine unendliche Menge neuer Verbindungen stattfinden könne. Dem Grafen Borrowsky scheint es, nach einer Menge von Beobachtungen, welche man in Beziehung auf die vom *Vesuv* ausgeworfenen Substanzen angestellt hat, ausgemacht, dafs die dortigen Fossilien Producte des Feuers seien, indem es sehr unwahrscheinlich ist, dafs so verschiedenartige Fossilien im Grunde des Kraters bereits gebildet vorhanden gewesen seien, um ausgeworfen zu werden. Besonders der Sodalit zeigt Merkmale der Schmelzung; denn in einem Stücke war er mit Bimsstein umgeben.“

nigen Kalkes *) von der *Somma* dasselbe ist, wie sein so häufiges im körnigen Kalke überhaupt: so gelten auch für jenen die oben berührten Verhältnisse. Enthält jener Kalkstein, wie wohl nicht zu zweifeln, neben kohlensaurem Kalk, Silicate von Thonerde, Kalk und Natron, wenn auch in noch so geringen Mengen: so ist die Möglichkeit gegeben, dafs die durch ein solches Gestein filtrirenden Gewässer diese Silicate aufnehmen und unter günstigen Umständen in Drusenräumen als Wernerit absetzen. Dafs übrigens die Plutonisten, welche die Bildung dieses Fossils im Kalksteine von der *Somma* auf vulkanischem Wege annehmen, ein späteres Eindringen von Gewässern zulassen müssen, welche durch ihren Kohlensäuregehalt eine Verwitterung des Wernerits bewirkt haben, zeigt die Bemerkung L. Gmelin's, dafs der von ihm analysirte einen undurchsichtigen, weifsen, weicheren, mit Säuren brausenden Ueberzug hatte. Wie denken sich aber die Plutonisten die Bildung des Wernerits in den Höhlenräumen des Kalksteins? — Soll vielleicht das vulkanische Feuer, dem das Gestein ausgesetzt war, eine Sublimation der Silicate, welche den Wernerit zusammensetzen, bewirkt haben? — Eine solche Vorstellung würde sich vor dem Forum der Chemie als gänzlich unhaltbar erweisen, und es ist klar, dafs eine solche Hitze zunächst alle Kohlensäure aus dem Kalksteine fortgetrieben haben würde.

Was das Vorkommen des Wernerits im Granit betrifft, welches die plutonische Schule wohl für ein entschiedenes Zeichen seiner Bildung auf feuerflüssigem Wege nimmt: so bemerken wir, dafs im Granit, wie in allen Gesteinen, nach und nach Umwandlungen stattfinden (Bd. I. S. 847) und der im vorigen Kapitel betrachtete Cordierit liefert ja ein sehr eclatantes Beispiel. Aus jenem Vorkommen folgt also noch keineswegs, dafs der Wernerit im Granit eine plutonische Bildung sei, wenn auch letzterer eine solche sein sollte.

*) Der von L. Gmelin analysirte Mejonit (Schweigger's Journ. Bd. XXV. S. 36.) befand sich indefs in Drusenhöhlen grauer, in früheren Ausbrüchen ausgeworfener Kalksteinfragmente, und findet sich nicht ganz häufig. Vergl. Prodromo della Mineralogia vesuviana di Monticelli e di Covelli. Napoli 1825. V. I. P. 337.

Zersetzungen des Wernerits.

Verwitterung im Allgemeinen.

So wie jener Mejonit vom *Vesuv*, so sind auch manche Wernerite von einer blassen, mehr oder weniger dicken, schwach glänzenden und höchstens durchscheinenden Rinde umgeben, während das Innere der Krystalle noch unverändert ist.

Die Kohlensäure (Verlust mit eingeschlossen) betrug in jenem Mejonit 3,1 Proc. Beim Erhitzen desselben in einer Glasröhre, entwickelten sich wenige wässrige, brenzlich riechende und geröthetes Lackmuspapier blau färbende Dämpfe. Diese deutlichen Spuren einer stickstoffhaltigen Substanz können nicht bei einer vulkanischen Bildung im Krater des *Vesuv's* zugetreten sein; jedenfalls zeigt auch deren Gegenwart den spätern Zutritt von Gewässern. Konnten sie aber später in die Drusenräume kommen, so konnten sie es auch früher, und die Bildung des Fossils selbst veranlassen.

Ein Wernerit von *Arendal* in meiner Sammlung, der mit vielen kleinen silberweifsen Glimmerblättchen bedeckt ist, brauste an sehr vielen Stellen mit Salzsäure. Die Kohlensäure drang in Schnüren kleinster Perlen aus dem Innern hervor. Das durch Zersetzung des Kalksilicats entstandene Kalkcarbonat bildete also keinen sichtbaren Anflug auf der Oberfläche, sondern ist in feinen Spalten und Absonderungen verborgen.

Wandelt sich das Kalksilicat im Wernerit in Kalkcarbonat um, so mufs die Zersetzung des Fossils mit einer theilweisen Ausscheidung von Kieselsäure verknüpft sein, welche entweder mit dem Kalkcarbonat fortgeführt wird, oder als Zersetzungsproduct zurückbleibt. Nach Wolff's Analysen fand bei den Werneriten von *Arendal, Sjösa* und von *Pargas* der letztere Fall statt; denn in den beiden ersten beträgt der Kalk nur 3 Proc.; während er bei den übrigen, nicht zersetzten Werneriten zwischen 13 und 23 Proc. schwankt; dagegen steigt die Kieselsäure in jenen beiden ersten auf 62 Proc., während sie bei den übrigen zwischen 42 und 51 Procent schwankt. Im Wernerit von *Pargas* ist der Kalk gänzlich

verschwunden und damit aber auch ein grofser Theil der übrigen Basen; denn die Kieselsäure ist bis auf 93 Procent gestiegen. Jener von Wolff untersuchte Wernerit wurde durch Salzsäure nicht zersetzt, während die unveränderten oder wenig alterirten Wernerite durch diese Säure aufgeschlossen werden (S. 404). In jenem hatte die Kohlensäure der Gewässer den Kalkgehalt bereits bis auf 3 Proc. herabgebracht; die Salzsäure konnte daher nur noch eine schwache Wirkung leisten. Gleicher Ursache wegen wurde auch jener Wernerit von *Pargas* durch Salzsäure nicht angegriffen.

Die Verwitterung der Wernerite besteht also darin, dafs durch die Kohlensäure der Kalk und die Alkalien nach und nach in Carbonate umgewandelt und als solche von den Gewässern fortgeführt werden, während die Kieselsäure zurückbleibt. Es ist sehr wahrscheinlich, dafs die Differenzen, welche die bisherigen Analysen dieser Fossilien nachgewiesen haben, von dieser Zersetzbarkeit herrühren. Daher sind wohl diejenigen Wernerite, welche die gröfste Menge Kalk und Alkalien enthalten, ihrem normalen Zustande am nächsten, und die folgende atomistische Zusammensetzung dürfte, wenn man die Alkalien als Vertreter des Kalks nimmt (wie auch in der That jene steigen, wenn diese sich vermindern) und von den übrigen Bestandtheilen abstrahirt, der normalen Zusammensetzung am nächsten stehen.

Kieselsäure . . .	3 At.	=	42,40
Thonerde	2 „	=	31,44
Kalkerde	3 „	=	26,16
			100,00

Glimmer nach Wernerit.

Steffens *) führt einen „Glimmerigen Skapolith," als ein eigenthümliches inniges Gemeng des Skapoliths mit Glimmer bis ins Innere des Fossils an. Er betrachtet es als ein eigenthümliches Glied in einer Reihe von Fossilien, die

*) A. a. O. Th. I. 1811. S. 220. 464 u. 469.

vom Glimmer an, durch den Pinit und Skapolith, fast bis zum Feldspath fortschreiten. Hausmann *) beschreibt es unter dem Namen „Talkartiger Skapolith," als ein Gemeng von Skapolith und eines dem Talke genäherten Glimmers, dessen Schüppchen zwischen die Blätter der Skapolithmasse dringen.

Das wirkliche Vorkommen des Glimmers in Formen von Wernerit wies Haidinger **) an dem sogenannten Micarell von *Abildgaard* nach. Grünlichgraue Skapolithkrystalle sind in graulichweifsen Quarz eingewachsen. Gegen die Mitte zu sind sie noch ganz frisch, von den Enden her entdeckt man aber in dem, von der Krystallform eingeschlossenen Raume Glimmerblätter, die sich in verschiedenen Richtungen kreuzen, aber keine Spur des ursprünglichen Fossils, dessen Theilbarkeit der äufsern Form entspricht, und deutlich in dem nicht veränderten Theile wahrzunehmen ist. Bei dieser Umwandlung wurde etwas Magneteisenstein in kleinen Octaëdern zwischen den Glimmerparthieen ausgeschieden.

Blum ***) beschreibt einen etwa 3 Zoll langen und über 1 Zoll breiten Krystall und mehrere kleinere, die an ersterem sitzen und von denen einer in demselben eingewachsen ist. Diese ganze Gruppe war in Quarz gehüllt, der sie aber jetzt nur noch stellenweise bedeckt. Ihre Oberfläche ist rauh und uneben, und ganz mit grünlichen, grünlichweifsen, auch bräunlichen oder gräulichen Glimmerblättchen bedeckt. Hier und da hängt auch noch etwas Quarz an, der selbst manchmal in die Krystalle eingedrungen ist. Die Glimmerblättchen finden sich indefs nicht blofs auf der Oberfläche der Krystalle, sondern das ganze Innere derselben besteht hauptsächlich aus einem Aggregat von mehr oder minder grofsen Glimmerblättchen, die auf die verschiedenste Weise durch einander gemengt, zuweilen auch in blätterig-strahlenförmigen Ausscheidungen in der Hauptmasse liegen. Zwischen den Glimmerlagen kommt manchmal eine etwas dichte grünliche Masse vor, die man auf den ersten

*) Handb. d. Mineral. 1813. Bd. II. S. 509.

**) Abhandl. d. k. böhm. Ges. d. Wiss. Prag 1841. S. 3.

***) Die Pseudomorphosen. S. 93.

Blick für noch unveränderten Wernerit hält; sie ist aber weich wie Talk, und scheint eine Uebergangsstufe aus jenem in den Glimmer zu sein. Wo der erwähnte kleinere Krystall in dem gröfsern eingewachsen ist, sind die Glimmerblättchen des einen scharf geschieden von denen des andern, selbst so, dafs man sie an manchen Stellen leicht von einander trennen kann. Die Richtung, in welcher sich die Glimmerblättchen angelagert haben, ist bei denselben meist ganz verschieden.

Eine rauhe und unebene Oberfläche eines Krystalls, auf welchem Glimmerblättchen sitzen, ist gewifs ein sicheres Kennzeichen, dafs diese durch Umwandlung aus jenem entstanden sind. Wäre der Glimmer eine ursprüngliche und gleichzeitige Bildung mit dem Fossile, auf welchem er sitzt: so müfste er dieses an den Stellen, wo er es bedeckt, gegen Zersetzung durch äufsere Agentien nach gerade geschützt haben; die Oberfläche könnte also hier nicht rauh erscheinen.

G. H. Otto Volger *) fand, dafs ein völlig zwischen Eisenspath und Barytspath eingewachsen gewesener Fahlerzkrystall, welcher keine Spur von Kupferkies zeigte, glatte und glänzende Flächen hatte, während die mit Kupferkies umhüllten Fahlerzkrystalle rauhflächig waren. Eben so wenig, als man in diesem Falle die pseudomorphische Bildung des Kupferkieses aus dem Fahlerze zu bezweifeln Ursache hat, kann man Anstand nehmen, die auf rauher Oberfläche eines Wernerilkrystalls sitzenden Glimmerblätter für etwas anderes, als für umgewandelten Wernerit zu halten.

Lange, säulenförmige Wernerilkrystalle, von *Franklin* in *New-Jersey*, durch- und an einander und mit Quarz verwachsen, sind zum Theil mit einer Rinde von schwärzlichgrauem Glimmer bedeckt, der hier und da in die Massen derselben eingedrungen ist. Aber auch an den Krystallen, bei welchen jener Ueberzug nicht vorhanden ist, finden sich an einzelnen Stellen Glimmer-Anhäufungen, die nach dem Innern hin sich ausbreiten; denn an allen Bruchflächen ist die Masse des Wernerits mit grauen und weifsen Glimmerblättchen durchzogen, die sich an manchen Puncten so gehäuft haben, dafs sich ein wahres Gemeng von Wernerit und Glimmer bildete.

*) Poggend. Annal. Bd. LXXIV. S. 37.

Ganz Aehnliches kann man an manchen Werneriten von *Boxborough* und *Bolton* in *Massachusets* beobachten *).

Die Frage, wohin bei dieser Umwandlung die Kieselsäure und Kalkerde gekommen ist, bemerkt Haidinger, wird wohl vollständig dadurch beantwortet, dafs man Quarz und Kalkspath, mit dem Glimmer gemengt, zuweilen im Innern der veränderten Werneritkrystalle antrifft, den ersteren auch wohl als Häutchen auf der Oberfläche derselben.

Es ist bemerkenswerth, dafs auch die von Blum beschriebenen Pseudomorphosen in Quarz eingehüllt und verwachsen sind. Kieselsäure scheint also in der That bei dieser Umwandlung ausgeschieden worden zu sein. Nach den Analysen des Wernerits schwankt die Menge der Kieselsäure, in seinem normalen oder doch nur wenig veränderten Zustande, zwischen 40 und 51 Proc. Die Kieselsäure in den verschiedenen Glimmerarten schwankt zwischen 36 und 54,5 Proc. Es stellt sich demnach heraus, dafs mit dem gänzlichen Verschwinden des Kalks, der kein Bestandtheil des Glimmers ist, (Bd. I. S. 398) auch ein Theil der Kieselsäure ausgeschieden wird. Wo der Kalk nicht in der Pseudomorphose oder in der Nähe derselben, als Carbonat gefunden wird, ist er ohne Zweifel durch die Gewässer fortgeführt, oder gegen die Alkalien ausgetauscht worden, welche der Wernerit aufnehmen mufste, um in Glimmer überzugehen.

Nach den bisherigen Analysen der Wernerite scheint das Natron stets gegen das Kali zu prädominiren; im Glimmer fehlt dagegen, nach früheren Analysen, ersteres meist gänzlich, während letzteres bis auf 11 Proc. steigt. Im Lithionglimmer von *Juschakowa* im *Ural* fand indefs Rosales **) 2,23 Proc. Natron, welches keiner der früheren Analytiker angiebt, wiewohl Rammelsberg ***) glaubt, dafs dieses Alkali im Lithion enthalten und seine Gegenwart nur übersehen worden sei. Seitdem haben auch Schafhäutl und Lohmeyer im Glimmer Natron aufgefunden. Zu bemerken ist noch, dafs L. Gmelin im Mejonit vom *Vesuv* die Gegenwart des Lithion vermuthete.

*) Blum Nachtrag. S. 27.

**) G. Rose's Reise nach dem Ural. Bd. I. S. 457.

***) Erster Suppl. S. 62.

Wenn zwar nur durch die Analyse eines aus dem Wernerit entstandenen Glimmers und eines noch in der Nähe befindlichen unveränderten Wernerits der Umwandlungsprocefs genau begriffen werden kann: so scheinen doch schon die bisherigen Analysen darzuthun, dafs ein Austausch zwischen dem Natron im Wernerit und einem Kaligehalte in den Gewässern, welche die Umwandlung bewirkten, stattgefunden habe (Bd. I. S. 847). Das Bohrloch zu *Grenelle* (Bd. I. S. 403) zeigt das Beispiel eines Wassers, welches nur Kalisalze (Kalibicarbonat und schwefelsaures Kali) enthält. Wie sich diese Kalisalze gegen Natronsilicat verhalten, ob sie dasselbe zersetzen, wird sich durch Versuche nur schwierig entscheiden lassen.

Epidot und Albit nach Wernerit.

Forchhammer *) beschreibt einen grofsen Krystall von der Form des Wernerits von *Arendal*, wovon aber nicht die mindeste Spur mehr übrig ist. Das Fossil ist gänzlich in schön entwickelten Epidot verwandelt, welcher äufserlich von einer geringen Menge Albit umgeben ist. Im Innern zwischen den Epidotkrystallen finden sich, mit Kalkspath ausgefüllte Höhlungen. Das specifische Gewicht des Wernerits ist 2,5 bis 2,8, während das des Albits 2,68 und das des Epidots 3,2 bis 3,5 ist. Da demnach die neuen Fossilien ein gröfseres specifisches Gewicht haben, als das ursprüngliche, so mufste eine Zusammenziehung stattfinden, wodurch die Höhlungen in diesem pseudomorphischen Krystall entstanden sind.

Wären die relativen Quantitäten des Epidots und des Albits zu ermitteln, so würde man vielleicht aus den vorhandenen Analysen des Wernerits (Ekebergits) und des Epidots von *Arendal*, den Umwandlungsprocefs erklären können. In Ermangelung jener Kenntnifs läfst sich dieser Procefs nicht einmal approximativ deuten. Stellen wir die beiden Analysen zusammen:

*) Amtlicher Bericht über die 24ste Versammlung der Naturforscher zu Kiel. S. 282. — Auch Journ. für pract. Chemie. Bd. XXXVI. S. 403.

	Wernerit nach Wolff*)	Epidot nach Geffken **)	Epidot nach Kühn ***)
Kieselsäure .	50,91	36,14	36,68
Thonerde . .	25,81	22,24	21,72
Eisenoxyd .	0,75	14,29	16,72
Manganoxydul		2,12	
Kalkerde . .	13,34	22,86	23,07
Talkerde . .	0,58	2,38	0,53
Natron . .	7,09		
Kali . . .	0,85		
Glüheverlust .	0,41		
	99,74	100,03	98,72

so ergiebt sich, dafs wenn alles Natron des Wernerits zur Bildung von Albit verwendet worden wäre, letzterer 60 Proc. vom ersteren betragen haben würde, welches mit Forchhammers Angabe nicht harmonirt; der gröfsere Theil des Natrons ist also fortgeführt worden. Wäre auch aller Kalk des Wernerits in den Epidot übergegangen, so würde letzterer doch nur 58 Proc. vom Gewichte des ersteren betragen haben. Es könnte aber nicht einmal diese Menge entstanden sein, da der in den Höhlen desselben enthaltene Kalkspath wahrscheinlich vom Kalkgehalte des Wernerits herrührte. Die ungleich gröfsere Menge des Eisenoxyds im Epidot gegen die im Wernerit, kann nur hinzugeführt worden sein; vielleicht ist es gegen Kalk und Natron ausgetauscht worden.

Es ist sehr zu wünschen, dafs durch eine genaue Analyse der Zersetzungsproducte eines Wernerits, in Vergleich mit einem unveränderten, in der Nähe vorkommenden unzersetzten Wernerit, wenn solche irgendwo gefunden werden sollten, der merkwürdige Umwandlungsprocefs enträthselt werden möchte. Von besonderem Interesse würde die Analyse der Rinde des pseudomorphischen Krystalls sein, damit auch nicht der mindeste Zweifel übrig bliebe, dafs Albit durch ei-

*) A. a. O.

**) Epidotorum quorundam analysis. Jenae 1824.

***) Annal. d. Chem. et Pharm. Bd. LIX. S. 373.

nen Zersetzungsprocefs auf nassem Wege gebildet werden könne.

Umgekehrt führt Haidinger *) eine Pseudomorphose von

Wernerit nach Epidot

an. Ein Körper von der Gestalt der in *Arendal* so gewöhnlichen sechsseitigen Prismen mit Zuschärfung des Epidots besteht im Innern aus einer röthlichgrauen körnigen Masse, die vollkommen mit dem Wernerit übereinstimmt. Aber auch dessen Oberfläche ist wieder verändert; sie besteht aus einer weifsen Haut, ähnlich der Rinde des Zuckers, der aus dem muschelichen in den krystallinischen Zustand übergeht. Sie enthält Wasser und eine empyreumatische Substanz, welches genugsam beweiset, dafs die Umwandlung auf nassem Wege von Statten gegangen ist. Das Vorkommen ist mit Magneteisen-Dodekaëdern in Kalkspath.

Sollte das Magneteisen von dem Eisengehalte des Epidots herrühren? — Die Analysen des letzteren führen zwar das Eisen gröfstentheils als Oxyd an; allein die dunkelgrünen Abänderungen enthalten gewifs, wenigstens einen Theil des Eisens, als Oxydul. Da wir beim Granat und Augit unzweifelhafte Zersetzungsprocesse kennen lernen werden, wobei aus diesen Fossilien Magneteisen ausgeschieden wird: so ist es nicht unwahrscheinlich, dafs das Magneteisen in jener Pseudomorphose gleichfalls ein solches Zersetzungsproduct des Epidots sei. Es is auch zu bemerken, dafs der Epidot ziemlich häufig in Gesellschaft mit Magneteisen vorkommt.

Nach Forchhammer **) ist das eine Zersetzungsproduct derjenigen Varietät des Wernerits, welche unter dem Namen Micarelle beschrieben worden, Glimmer, während das andere häufig Epidot ist ***).

*) Abhandl. der k. böhm. Ges. d. Wiss. in Prag. S. 4.

**) A. a. O.

***) Das von Stromeyer (Untersuchungen über die Mischung der Mineralkörper. Bd. I. S. 386.) als Mejonit von *Sterzing* in *Tyrol* untersuchte Fossil kommt mit blafs tombackfarbenem Glimmer

Erscheint der Wernerit als ein Umwandlungsproduct des Epidots, so ist dadurch die Möglichkeit seiner Bildung auf nassem Wege gegeben, und um so mehr, da vom Epidot, von einem Fossile, welches so häufig in Drusenräumen und Kluftflächen von Diorit und Gneifs, in Kluftflächen von Granit, Syenit und Porphyr, in Drusen mit Amethyst, Granat und Quarz, auf Erzgängen im Glimmerschiefer, in Blasenräumen von Melaphyr, auf Quarzgängen in Thonschiefer u. s. w. vorkommt, die Bildung auf nassem Wege nicht zu bezweifeln ist.

Der Epidot gehört zu denjenigen Fossilien, welche nach starkem Glühen durch Säuren zersetzbar werden. Während sich hierbei sein absolutes Gewicht kaum um 1 Proc. vermindert, ändert sich das specifische merklich. Rammelsberg *) fand dasselbe

vor dem Glühen . 3,403
nach dem Glühen . 3,271.

Diese Eigenschaften, wenn sie auch nicht geradezu einer Bildung auf feuerflüssigem Wege widersprechen, sind doch einer solchen wenig günstig.

Kalk-Epidot und Mejonit stehen sich in ihrer chemischen Mischung so nahe, dafs das, was von der Bildung des einen gilt, auch Bezug auf die des andern hat. Diese Aehnlichkeit zeigt sich gleichfalls darin, dafs der Epidot, wie der Wernerit, einer Umwandlung fähig zu sein scheint. So beschreibt Blum **) Epidotkrystalle aus einem Quarzgange im Gneifse, zu *Athol* in *Massachusets*, welche hier und da tombackbrauner oder bräunlichgrüner Glimmer gleichsam umhüllt, manchmal auch in die Masse selbst eindringt. Wo die Krystalle sich berühren und nicht von Quarz umgeben sind, tritt der

krystallinisch verwachsen vor. Nach Weifs (Rammelsberg's Handwörterbuch erstes Suppl. S. 138.) soll es indefs Epidot sein. Auffallend ist jedoch die Aehnlichkeit in seiner Zusammensetzung mit der des gleichfalls von Stromeyer analysirten Mejonits vom *Vesuv* (a. a. O. S. 378). Sollte vielleicht jenes Fossil ein Zersetzungsproduct des Wernerits oder Mejonits in Epidot und Glimmer sein? —

*) Poggend. Annal. Bd. LXVIII. S. 510.

**) Nachtrag u. s. w. S. 30.

Glimmer in Menge in dieselben ein, so dafs dieser ein Gemeng mit Epidot bildet.

Speckstein nach Wernerit.

Fowler *) führt an, dafs der Speckstein in Pseudomorphosen nach Wernerit vorkommt, und zwar mit Quarz und Spinell im körnigen Kalke bei *Newton* in *New-Jersey*. Die vollständige Umwandlung weiset Blum **) an einem Exemplar aus den Magneteisen-Lagerstätten zu *Arendal* nach. Es besteht aus mehreren an- und durch einander gewachsenen, 2 bis 3 Zoll langen Krystallen, welche die Formen des Wernerits zeigen, in ihrer ganzen Masse aber aus Speckstein bestehen. Die Seitenflächen sind etwas vertical gestreift, wenig glänzend und hier und da mit einzelnen Glimmerblättchen bedeckt. Nach einer Seite hin sind die Pseudomorphosen mit Feldspath verwachsen, zwischen welchen sich an vielen Stellen krystallinischer Kalkspath findet. Diese Umwandlung beginnt an der Oberfläche und schreitet nach innen fort; denn andere Krystalle von *Ersby* und *Pargas* besitzen im Innern noch ihre Härte, Spaltbarkeit, Farbe und ihren Glanz, während sich aufsen schon eine Rinde von Speckstein gebildet hat.

Diese Umwandlung gehört in die Kategorie derjenigen Processe, wo die ursprüngliche Masse durch das Magnesiasilicat völlig verdrängt wird (Bd. I. S. 790. 793 u. 794. und Bd. II. S. 366). Wie bei den übrigen Umwandlungsprocessen des Wernerits, so wird auch bei den in Rede stehenden das Kalksilicat in Kalkcarbonat zersetzt, wie die Gegenwart des Kalkspaths anzeigt. Wahrscheinlich ist es hier die Kohlensäure der Gewässer, welche diese Zersetzung bewirkt.

Der Wernerit scheint noch anderer Umwandlungen fähig zu sein, wie Nachstehendes zeigt.

Auf einer kleinen Insel, dicht bei der Insel *Lövöen* in

*) Silliman's American Journ. V. XXI. 1832. p. 320.

**) Die Pseudomorphosen. S. 134. und Nachtrag. S. 75.

Norwegen, fand Scheerer *) röthlichen Wernerit (Spreustein) in sehr deutlichen, sechsseitigen Säulen, zugespitzt mit sechsseitiger Pyramide, anscheinend also ganz in der Form des Quarzes. Auch die Structur macht es wahrscheinlich, dafs es Pseudomorphosen sind. Da der Spreustein aus einem Aggregat kleiner strahlenförmiger Massen besteht: so ist nicht wahrscheinlich, dafs dieses ein einziges Krystallindividuum bilden könne. Sind jene Bildungen wirklich Pseudomorphosen nach Quarz, so ist ihre Entstehungsart sehr merkwürdig; denn sie sind in ganz frischem, unveränderten Feldspath eingewachsen.

Da Pseudomorphosen nach Quarz wirklich vorkommen, (Brauneisenstein, Eisenkies und Speckstein in Formen von Quarz): so kann die Möglichkeit jener Pseudomorphose nicht bezweifelt werden. Wünschenswerth ist es, dafs die Aufmerksamkeit der Mineralogen darauf gerichtet werde.

Der Austausch der Kalkerde im Wernerit gegen Alkalien, bei seiner Umwandlung in Glimmer, ist kein isolirt dastehender Procefs. Betrachten wir mit einiger Aufmerksamkeit die Processe im Mineralreiche, so begegnen wir einem solchen Austausche öfter. Daher stellen wir zusammen, was hierüber theils schon bekannt ist, theils aus unseren Untersuchungen sich ergeben hat.

Breithaupt **) macht folgende interessante Mittheilungen, die wir hier neben einander reihen. „Der Paranthin ist nicht allein verwitterbar, sondern erscheint auch bisweilen in andere Mineralien umgewandelt. Der zerstörte Zustand giebt sich durch glanzlosen, dichten Bruch kund, so der rothe von *Arendal*, auch ein grauer daher, ein grünlich-gelblich-grauer von *Pargas*. Ein ähnlicher Körper ist der schwarze fettige Fuscit, und selbst der Killinit scheint aus Skapolith entstanden zu sein. Ganz in Glimmer umgewandelt ist der sogenannte Micarell oder Arcticit von *Arendal*, neuerlich von

*) N. Jahrb. für Mineral. u. s. w. 1843. S. 642.

**) Handb. der Mineral. Bd. III. S. 468 u. 469.

Wickow in *Irland*. Auch kenne ich Hornblende in der Skapolithform von *Bolton*, und Nordenskiöld erwähnt dieselbe Erscheinung von *Simonsby* bei *Pargas;* nur dafs der Afterkrystall aus kleinen Augiten besteht."

Um die Ursache eines an der Oberfläche verwitterten Feuerstein-Messers zu ermitteln (eine Veränderung, welche man nicht selten auch an den, der Einwirkung der Atmosphäre ausgesetzten Feuersteinen beobachtet) analysirte Berzelius *) den innern nicht verwitterten (*a*) und den verwitterten Theil (*b*) und fand in 1000 Theilen

	(*a*)	(*b*)
Kali	1,34 Th.	3,2 Th.
Kalkerde	5,74 „	3,2 „
Eisenoxyd und Thonerde .	1,2 „	

Die Verwitterung scheint daher, bemerkt er, ihren Grund in einer anhaltenden Einwirkung einer kalihaltigen Flüssigkeit, welche allmälig die Kalkerde gegen Kali auswechselte, zu haben. Sie war progressiv vor sich gegangen, so dafs sie offenbar schon auf dem noch zusammenhängenden Theil des Feuersteins angefangen, und hier rund herum einen weifsen Streifen von 0,3 bis 0,4 Linie Breite gebildet hatte **).

Die Analyse konnte nicht wohl entscheiden, ob jene Basen als Carbonate oder als Silicate im Feuersteine enthalten waren. Setzen wir den letzteren wahrscheinlicheren Fall, so würden die Gewässer Kalksilicat fortgeführt und dagegen Kalisilicat abgesetzt haben, und dann würde der Procefs der Umwandlung des Wernerits in Glimmer, welcher gleichfalls durch Austausch des Kalks gegen Kali gedacht werden mufs, ein analoger sein. Es ist wenigstens sehr unwahrscheinlich, dafs sich das Kali als Carbonat abgesetzt habe, da dieses so überaus leichtlöslich ist.

Aber abgesehen davon, ist der durch die Analyse ermittelte Austausch eine Thatsache von grofser Wichtigkeit;

*) Jahresbericht. Jahrg. XXI. S. 187.

**) Diesen weissen Streifen zeigt auch ein Feuerstein-Messer, welches Nöggerath aus einer Höhle in der Gegend von *Lüttich* erhalten hatte, in der viele solcher Messer zugleich mit Menschenknochen vorkommen.

denn wir sehen, wie in einer historischen, vielleicht nicht sehr langen Zeit ein so dichtes Fossil, wie Feuerstein, dessen Hauptbestandtheil, die Kieselsäure, in ihrer unlöslichen Modification allen Agentien in Gewässern hartnäckig widersteht, einer Metamorphose unterliegen könne. Ist es, nach einem solchen Vorgange, im mindesten noch befremdend, wenn der Wernerit und so viele weniger harte und mehr angreifbare Fossilien ähnlichen Zersetzungprocessen unterliegen? —

Da sich kohlensaurer Kalk und alkalische Silicate nicht gegenseitig zersetzen (Bd. I. S. 835): so ist umgekehrt eine Zersetzung des kieselsauren Kalks durch kohlensaure Alkalien zu erwarten. Der Versuch bestätigte diefs. Eine Chlorcalcium-Lösung wurde durch kieselsaures Natron, welches nach dem Bd. I. S. 638 beschriebenen Verfahren dargestellt worden, so zersetzt, dafs ersteres Salz im Ueberschufs angewandt wurde. Das niedergeschlagene Kalksilicat wurde ausgewaschen, bis salpetersaures Silberoxyd nicht mehr reagirte. Ein Theil davon wurde in eine Lösung von kohlensaurem Kali eingerührt und damit in gewöhnlicher Temperatur eine Stunde lang stehen gelassen. Nachdem das Ganze auf das Filtrum gebracht und der Rückstand so lange ausgewaschen worden, als die abfiltrirende Flüssigkeit noch auf geröthetes Lackmuspapier reagirte, wurde auf den Rückstand Salzsäure gegossen, welche ihn unter Aufbrausen gröfstentheils auflöste. Er bestand daher hauptsächlich aus kohlensaurem Kalk, der durch Zersetzung des kieselsauren Kalks mittelst kohlensauren Kali entstanden war.

Es läfst sich also begreifen, wie nicht blofs der kieselsaure Kalk im Feuerstein durch eine Flüssigkeit, welche kohlensaures Kali enthielt, gegen kieselsaures Kali ausgetauscht werden konnte, sondern wie in allen Fällen, wo bei Umwandlung eines Fossils Kalk, an Kieselsäure gebunden, verschwindet, und dagegen ein Alkali an die Stelle tritt, dieser Austausch durch Gewässer, welche kohlensaure Alkalien enthalten, erfolgen kann. Beachtet man das so häufige Vorkommen dieser Carbonate, namentlich des kohlensauren Natrons, in Gewässern: so sieht man, dafs die Bedingungen zum Austausche des Kalks gegen Kali, wie bei der Umwandlung des Wernerits in Glimmer, nicht fern liegen.

Jener Versuch wurde mit natürlichem Kalksilicat, mit Wollastonit, wiederholt. Der dazu verwandte brauste etwas mit Salzsäure. Er blieb daher gepülvert über Nacht in so weit verdünnter Säure liegen, dafs eine Zersetzung des Kalksilicats nicht zu besorgen war. Aetzammoniak fällte einige Flocken Eisenoxydhydrat aus der sauren Flüssigkeit, und oxalsaures Ammoniak zeigte eine nicht unbedeutende Menge Kalk an. Hierauf wurde das Fossil ausgewaschen, eine halbe Stunde mit einer Lösung von kochendem kohlensauren Kali behandelt und über Nacht darin gelassen. Nachdem es auf das Filtrum gebracht und ausgewaschen worden, stiegen beim Zusatze verdünnter Salzsäure einige kleine Bläschen auf, und oxalsaures Ammoniak trübte, nach vorausgegangener Neutralisation durch Ammoniak, die Flüssigkeit etwas. Obgleich diese Trübung sehr schwach war, so konnte sie doch nur von kohlensaurem Kalke herrühren, der durch Zersetzung des Kalksilicats mittelst kohlensauren Kali entstanden war; denn als das Fossil, vor der Behandlung mit kohlensaurem Kali, mit verdünnter Salzsäure übergossen und hierauf mit oxalsaurem Ammoniak geprüft wurde, war auch nicht die mindeste Trübung wahrzunehmen. Dieser Versuch beweiset aber, dafs verdünnte Salzsäure, nachdem das vorhandene Kalkcarbonat damit ausgezogen worden, keinen kieselsauren Kalk zersetzt und auflöset.

Es ist wohl nicht zu zweifeln, dafs sich eine Zersetzung des Wollastonits durch kohlensaure Alkalien, auf nassem Wege, deutlicher zeigen würde, wenn beide Substanzen lange Zeit mit einander in Berührung blieben; denn so viel ergiebt sich aus meinen Versuchen, dafs diese Zersetzung ein sehr langsam von Statten gehender Procefs ist.

Hinsichtlich des Kohlensäuregehaltes im Wollastonit sind die Angaben der Chemiker sehr abweichend. Klaproth *) welcher Wollastonit von *Dognazka* im *Temeswarer Bannat*, analysirte, der im Gemenge von Granaten und Kalkspath vorkommt, bemerkte, nach sorgfältiger Absonderung des letzteren, kein Aufbrausen mit Säuren. Haüy **) führt als ein cha-

*) Beiträge Bd. III. S. 290.

**) Tableau comparatif. p. 66.

racteristisches Merkmal des Wollastonits an, dafs derselbe in Salpetersäure geworfen, vor der Zersetzung in gallertartige Körner, momentan aufbrause. Stromeyer *) prüfte mehrere Wollastonite, welche brausten; er fand, dafs das sich entwickelnde Gas reine Kohlensäure war, und dafs alle von ihm untersuchten Fossilien von *Dognazka* Kalkspath eingemengt enthielten. Ein ausgezeichnet schöner Wollastonit von *Tshiklowa* im *Bannat* brauste indefs nicht im mindesten. Brandes **) giebt 1,5 Proc. Kohlensäure im Wollastonit von *Criklowa* in *Ungarn*, der keinen erkennbaren mechanisch eingemengten Kalkspath zeigte, an. Brochi fand sogar 3 Proc. Weidling ***) führt in seiner Analyse des Wollastonits von *Göckum* in *Upland* 2,7 Proc. kohlensauren Kalk an. Andere Chemiker, v. Bonsdorff, H. Rose, Henry Seibert, v. Kobell und Palander erwähnen kein Aufbrausen.

Aus diesen Untersuchungen geht hervor, dafs manche Wollastonite und namentlich die im körnigen Kalke vorkommenden (und mit Ausnahme des Wollastonits von *Wilsborough* in den *Vereinigten Staaten* und vom *Capo di bove* bei *Rom*, sind alle bis jetzt analysirten von diesem Vorkommen) kohlensauren Kalk theils präexistirend, theils als theilweises Zersetzungsproduct des Kalksilicats enthalten. Die Analysen berechtigen zur Annahme, dafs der Wollastonit ein Kalkbisilicat sei; sie geben indefs, mit Ausnahme des von *Palander* analysirten, eine mehr oder weniger geringere Menge Kalk an, als die Berechnung fordert; daher ist mit gutem Grunde zu vermuthen, dafs alle diese Wollastonite schon eine theilweise Umwandlung in Kalkcarbonat erlitten haben. Sehr auffallend zeigt diefs der von Weidling untersuchte Wollastonit; denn in demselben beträgt der Kalk 3 Proc. weniger, als er nach der Rechnung betragen sollte, wogegen die erwähnten 2,7 Proc. kohlensaurer Kalk auftreten. Aus denjenigen Wollastoniten, welche nicht brausen, scheint der kohlensaure Kalk durch Gewässer bereits fortgeführt worden zu sein.

Da die Wollastonite von Säuren so leicht zersetzt wer-

*) Untersuchungen u. s. w. S. 357.

**) Schweigger's Journ. Bd. XVII. S. 247.

***) Rammelsberg drittes Suppl. S. 128.

den, so ist es unzweifelhaft, dafs diejenigen, welche mit Gewässern, die auch nur atmosphärische Kohlensäure enthalten, in Berührung kommen, eine allmälige Zersetzung erleiden. Sind aber diese Fossilien in körnigem Kalke so eingeschlossen, dafs die Gewässer, ehe dieselben mit ihnen in Berührung kommen, erst den kohlensauren Kalk durchdringen: so verlieren solche Gewässer ihre Kohlensäure (Bd. I. S. 784) und können daher nicht mehr zersetzend wirken. In diesem Falle mögen wohl kohlensaure Alkalien haltende Gewässer die Zersetzung bewirken; an die Stelle des zerlegten Kalksilicats würde dann ein alkalisches Silicat treten. Letzteres weisen freilich die Analysen nicht nach; es hat aber auch keiner der Chemiker, welche die Wollastonite untersucht haben, Veranlassung genommen, auf Alkalien zu prüfen. Die Verluste welche manche Analysen ergeben haben, lassen wohl schliefsen, dafs geringe Mengen Alkalien entgangen sein mögen.

Der Wollastonit stimmt in seiner Zusammensetzung mit dem Augit (thonerdefreiem) in so weit überein, als auch dieser ein Bisilicat ist, in welchem einige der vier isomorphen Basen, Kalk, Magnesia, Eisenoxydul und Manganoxydul, oder auch alle vier mit Kieselsäure verbunden sind. In chemischer Beziehung findet aber der Unterschied zwischen beiden Fossilien statt, dafs der Wollastonit so leicht von Säuren und selbst von den schwächsten zersetzt, der Augit davon aber nicht angegriffen wird. Diefs hängt damit zusammen, dafs Kalksilicate haltige Fossilien überhaupt sehr leicht von Säuren angegriffen werden, und wahrscheinlich defshalb, weil Kalk eine starke Salzbasis ist, welche die Säuren völlig neutralisirt. Ein einfaches Kalksilicat, wie der Wollastonit, wird daher leichter zerlegt werden, als ein zusammengesetztes, wie der Augit. Indefs bei Betrachtung dieses Fossils werden wir sehen, dafs es, für eine lange Zeitdauer, kohlensäurehaltigen Gewässern auch nicht widerstehen kann.

Was insbesondere die leichte Zersetzbarkeit der Kalksilicate durch Kohlensäure betrifft, so steht dieselbe ohne Zweifel damit im Zusammenhange, dafs die Kalkerde (ebenso auch Baryt und Strontian) eine gröfsere Verwandtschaft zur Kohlensäure hat, als die Alkalien und die Metalloxyde (Eisen-Manganoxydul u. s. w.). Daher wird die Kohlensäure in

einem zusammengesetzten Silicate die Kalkerde immer zuerst angreifen.

Vom einfachen Kalksilicat (künstlichen wie natürlichen) gehen wir über zu einem zusammengesetzten, zum Wernerit, dessen Umwandlungen zu vorstehenden Untersuchungen Veranlassung gegeben haben.

Wir haben gesehen, dafs der Kalk des Wernerits bei seiner gänzlichen Verwitterung als Carbonat fortgeführt wird. In den Pseudomorphosen des Glimmers, des Epidots und des Specksteins nach Wernerit findet sich noch dieser Kalkspath, theils mineralogisch, theils chemisch erkennbar. Die Umwandlung des Kalksilicats im Wernerit kann theils durch die Kohlensäure, theils durch die kohlensauren Alkalien der Gewässer gedacht werden. Da jedes Fossil, welches alkalische Erden oder Alkalien, oder beide zugleich enthält, einer allmäligen Zersetzung durch Kohlensäure fähig ist: so beschränkten wir uns, wie beim Wollastonit, blofs darauf, das Verhalten der kohlensauren Alkalien zum Wernerit zu ermitteln.

Durch vorläufige Versuche wurde ermittelt, dafs eine nur kurze Zeit dauernde Einwirkung einer Lösung von kohlensaurem Kali auf Wernerit eine, durch Reagentien wahrnehmbare Zersetzung nicht bewirkt. Um den kohlensauren Kalk in diesem Fossil (S. 408 *)) fortzuschaffen, wurde es, gepülvert, mit verdünnter Salzsäure übergossen. Zufälliger Weise blieb das Pulver darin ungefähr 8 Wochen lang liegen; es ist also nicht blofs der kohlensaure Kalk, sondern überhaupt alles durch verdünnte Säuren Auflösbare vollständig ausgezogen worden. Die Salzsäure hatte Eisenoxyd, Thonerde und Kalkerde in sehr merklicher Menge aufgelöst. Das Pulver wurde so lange ausgewaschen, als sich noch eine Reaction auf Kalkerde zeigte. Hierauf wurde das Wernerilpulver mit einer

*) Auf meine Bitte behandelte mein Freund Blum mehrere Wernerite von *Arendal*, *Franklin* und *Chelmsford* mit Säuren, und nahm, nach mittlerweile erhaltener gefälliger Mittheilung, bei allen ein stärkeres oder geringeres Brausen wahr. Ein aus dem Wernerit entstandener Glimmer kann daher beträchtliche Quantitäten kohlensauren Kalks einschliefsen, wenn derselbe von Gewässern noch nicht vollständig fortgeführt worden ist.

Lösung von kohlensaurem Kali 9 Stunden lang in gelinder Hitze digerirt, dann auf das Filtrum gebracht und ausgewaschen, bis sich keine Reaction auf Kali mehr zeigte. Beim abermaligen Behandeln des Pulvers mit verdünnter Salzsäure war kein Aufbrausen wahrzunehmen. Als aber zur abfiltrirten sauren Flüssigkeit Aetzammoniak im Ueberschusse gesetzt wurde, schieden sich weifse Flocken aus, die wohl gröfstentheils Thonerde waren. Nach dem Abfiltriren dieser Flocken bewirkte oxalsaures Ammoniak eine sehr merkliche Trübung. Durch das kohlensaure Kali wurde also eine geringe Menge Thonerde- und Kalksilicat zersetzt. Es kann indefs nicht entschieden werden, ob die Kalkerde als Carbonat ausgeschieden wurde, da beim Zugiefsen verdünnter Säure kein Aufbrausen sich zeigte; es kann aber leicht sein, dafs die geringe Menge ausgeschiedener Kohlensäure vom Wasser absorbirt worden war. Diefs mag aber sein wie es wolle, so viel hat sich gezeigt, dafs eine Lösung von kohlensaurem Kali zersetzend gewirkt hat.

Es ist demnach nicht im mindesten zu bezweifeln, dafs auch im Mineralreiche der Wernerit durch Gewässer, wenn sie auch nur sehr geringe Mengen kohlensaurer Alkalien enthalten, und ohne Mitwirkung von Wärme eine allmälige Zersetzung erleiden werde, sofern nur ununterbrochen fort und während einer sehr langen Zeit die Einwirkung fortdauert. Die Zersetzung dürfte aber wohl kaum anders erfolgen, als dafs sich das Kalksilicat im Wernerit in ein alkalisches Silicat umwandelt und jenes als Carbonat sich ausscheidet, worauf das wirklich aufgefundene Alkali in den meisten analysirten Werneriten, ihre Umwandlung in Glimmer und ihr häufiges Brausen entschieden deuten.

B. Turmalin. Schörl.

Wenn, wie weiter unten bemerkt wird, die Unterscheidung der Turmaline nach ihren Farben zwar nicht consequent durchführbar ist: so haben doch in geologischer Beziehung die schwarzen (gemeiner Schörl) die wichtigste Bedeutung, da sie unter allen Varietäten am häufigsten vorkommen. Sie sind ein wesentlicher Gemengtheil des Turmalinschiefers am *Auersberge* in der Gegend von *Eibenstock* in *Sachsen;* gewöhnlich aber eingewachsen in Granit, (wo sie, was nicht unwichtig ist, als Stellvertreter des Glimmers erscheinen) im Gneifs, Glimmer-, Chlorit- und Talkschiefer, Hornblendegestein, körnigem Kalke, auf Magneteisen-Lagerstätten und auf Erzgängen.

Obgleich der Turmalin ein ziemlich verbreitetes Fossil ist, so gehört er doch nicht zu denjenigen, welche für die Zusammensetzung der Gebirgsmassen von grofser Bedeutung sind. Selbst der Turmalinschiefer tritt weder häufig, noch in sehr ausgedehnten Massen auf. Dem Topasfels, in welchem er ein Gemengtheil ist, gebührt, wegen seines beschränkten Vorkommens, wohl nicht eine Stelle unter den Gebirgsarten *).

Freiesleben **) führt einige sehr ausgezeichnete Verhältnisse an, wonach kein Zweifel übrig bleibt, dafs der gemeine Schörl zur Formation einiger Silbergänge gehört. G. Rose ***) beschreibt ein Vorkommen des Turmalins in den Goldgängen im Granit von *Beresowsk* in Begleitung von Fossilien, die mit Bestimmtheit schliefsen lassen, auf welchem Wege er gebildet worden ist. Diese Fossilien sind: Quarz, Talk, Pyrophyllit, Bitterspath, Eisenkies, Nadelerz, Fahlerz, Kupferkies, Gold, Bleiglanz, und durch dessen Zersetzung entstanden: Rothbleierz, Melanochroit, Vauquelinit, Grünblei-, Vanadinblei-, Weifsblei- und Vitriolbleierz. Eisenkieskrystalle sind in Quarz eingewachsen, ohne dafs sie durch die-

*) Hausmann's Handb. d. Mineral. 1847. Bd. II. S. 922.

**) Geogn. Arbeiten. Bd. V. S. 131.

***) Reise. Bd. I. S. 190.

sen von der Schärfe der Kanten und Ecken und der Glätte der Flächen verloren haben. Sie stehen darin den aufgewachsenen Krystallen nicht nach und haben demnach auch überall, wo sie aus dem Quarze herausgewittert sind oder herausgeschlagen werden, ganz scharfkantige Eindrücke hinterlassen. Ebenso sind Turmalin, Talk, Pyrophyllit, Bitterspath, Fahlerz, Kupferkies, Nadelerz und Gold in Quarz eingewachsen, und sind daher früher, als dieser krystallisirt. Die grünen nadel- und haarförmigen Turmalinkrystalle sind meist an den Gangwänden angeschossen und in Quarz eingewachsen. Da der Quarz das strengflüssigste unter allen diesen Fossilien ist: so hätte er, wenn man sich nicht mit Fournet's Hypothese vom Surfusions-Zustande helfen will, wovon später die Rede sein wird, zuerst krystallisiren müssen, sofern er eine feuerflüssige Bildung wäre. Hätten jene schon existirt und wären sie von diesem umhüllt worden: so würde der Turmalin durch die geschmolzene Quarzmasse zum Schmelzen gekommen sein, ein Theil des Schwefels würde sich aus dem Eisenkies verflüchtigt, und Talk und Bitterspath würden mit der Kieselsäure Silicate gebildet haben. Selbst G. Rose, welcher, wie aus seiner Darstellung hervorgeht, in Beziehung auf die Bildung dieser Gangmasse, der plutonischen Hypothese huldigt, findet es auffallend, dafs auch der wasserhaltige Pyrophillit im Quarze eingewachsen sei. Dasselbe gilt aber auch vom wasserhaltigen Talk. Die spätere Umhüllung mehr genannter Fossilien durch Quarz würde endlich voraussetzen, dafs sie vor derselben frei im Gangraume geschwebt hätten.

Aus allem diesen geht entschieden hervor, dafs, wenn alle Turmaline eine plutonische Bildung wären, der in den Gängen von *Beresowsk* keine sein könnte. Gewifs wiederholen sich aber ähnliche Verhältnisse beim Vorkommen des Turmalins auf andern Erzgängen, wie z. B. zu *Johanngeorgenstadt* und *Marienberg*, *Eibenstock* und *Schneeberg* in *Sachsen*, wo er in Begleitung von Zinnerz, Blende, Arsenikkies, Bleiglanz, Quarz, Flufsspath, Barytspath und Kalkspath auftritt.

Diesem fügen wir bei das Vorkommen des Turmalins auf Gängen im Thonschiefer (*Cornwall*), im quarzreichen Thonschiefer (zwischen *Bidschow* und *Turnau* in *Böhmen*), im Kalkspath (*Newlen* in den *Vereinigten Staaten*) und im Horn-

fels, auf dem *Harze*, worin er theils deutlich ausgebildet ist, theils an der dunklen Färbung des Gesteins als inniger Gemengtheil erkannt wird.

Alle diese Fundorte sprechen entschieden für eine Bildung auf nassem Wege. Die Möglichkeit einer solchen Bildung ist also dargethan. Sollten nun diejenigen Turmaline, welche sich eingewachsen in Gebirgsarten, wie im Granit, finden, die man zu den plutonischen zu zählen gewohnt ist, auf anderem Wege entstanden sein? — Wenn sie auf feuerflüssigem Wege gebildet werden können, warum finden sie sich nicht in vulkanischen Gesteinen? — Kommen Turmaline auch am häufigsten im Gesteine eingewachsen vor: so finden sie sich doch auch in Drusenräumen, wie im Topasfels mit Quarz, Topas und Steinmark (*Schneckenstein* bei *Auerbach* in *Sachsen*), und in Topaskrystallen selbst in topasführenden Gängen (*Ilmengebirge*) *). Wenn aber der Topas höchst wahrscheinlich eine Bildung auf nassem Wege ist (Bd. I. S. 503): so mufs man dieselbe Bildung auch für die in ihm eingeschlossenen Turmaline ansprechen. Die Turmaline finden sich ferner auf Klüften des Dolomits (*Campo longo* am *Gotthard*), des Granits (*Maladetta* in den *Pyrenäen*) und in Drusenräumen des Granits (*Sonnenberg* bei *Andreasberg* auf dem *Harze*, zwischen *Hartmannsdorf* und *Mühlau* und *Kleinchursdorf* in *Sachsen* und *Alabaschka* bei *Mursinsk*). Im letzteren Fundorte bedecken sie meist den Feldspath und Albit, zuweilen auch den Glimmer und zwar so, dafs sie von diesen Fossilien nicht herunter genommen werden können, ohne Eindrücke auf ihnen zurück zu lassen. Zuweilen bedecken sie nur gewisse Flächen der gröfseren Feldspathkrystalle, während sie andere ganz frei lassen **).

Diese Bedeckung des Feldspaths, Albits und sogar des Glimmers deutet natürlich auf eine spätere Bildung der Turmaline. Die Eindrücke lassen sich nicht anders erklären, als dafs die Gewässer, aus welchen sich die Turmaline bildeten, von den Fossilien, worauf sie dieselben absetzten, einen Theil weggeführt haben. Es sind Erscheinungen wie bei den Ver-

*) G. Rose Reise. Bd. II. S. 82.

**) Ebendas. Bd. I. S. 452.

drängungs-Pseudomorphosen, und können um so weniger auffallen, wenn man beachtet, dafs kein Fossil, wenn es anhaltend den Gewässern ausgesetzt ist, denselben widerstehen kann. Dafs die Turmaline sich zuweilen sogar auf Glimmer finden, ist besonders merkwürdig. Sollte dieser Glimmer vielleicht umgewandelter Turmalin sein? —

Die Erscheinung, dafs die Turmalinkrystalle manchmal zerbrochen und durch Quarz wieder verkittet sind, ist bekannt. Als ich vor sechs Jahren durch die zuvorkommende Güte meines Freundes v. Leonhard dessen, an ausgezeichneten Exemplaren reiche Mineralien-Sammlung in Augenschein zu nehmen Gelegenheit hatte, waren es unter andern die zerbrochenen Turmalinkrystalle, welche ich mit der gröfsten Sorgfalt in Beziehung auf die genetischen Verhältnisse untersuchte. Zwei dieser Stufen, ein schwarzer Turmalin in weifsem Quarz von *Gielhof* in *Mähren*, und eine andere, vom *St. Gotthard*, ein in acht Theile zersplitterter Turmalinkrystall, waren besonders instructiv. Die Kraft, welche jenen Turmalinkrystall zerbrach, hatte in der Richtung zweier, unter einem rechten Winkel sich schneidenden Ebenen gewirkt, so dafs nicht blofs die Seitenkante, sondern auch die blofs gelegte obere Fläche einen stumpfen Winkel bildete. Im zweiten Turmalinkrystall lag jedes Bruchstück in einer etwas veränderten Richtung. In einer Stufe, von *Sterzing* in *Tyrol*, waren die im Quarz und Granit liegenden Turmaline zerbrochen und die Bruchflächen standen 1 Linie weit auseinander. In einer andern, aus dem Granite von *Kasernen* in *Mähren*, waren kleine Turmaline durchbrochen und die Zwischenräume theils mit Feldspath, theils mit Quarz ausgefüllt. Erinnert man sich an die S. 331 und S. 401 angeführten Erscheinungen, so kann die Ausfüllung mit Feldspath nicht befremden.

Damals dachte ich an keine andere Bildung, als auf feuerflüssigem Wege. So befangen hätten mir leicht Schwierigkeiten, welche sich einer solchen Bildungsart entgegen stellen, entgehen können; allein das Resultat meiner Untersuchungen war, dafs die in Rede stehende Erscheinung aus der Annahme eines feuerflüssigen Zustandes des Quarzes durchaus nicht zu erklären sei.

Die Turmalinkrystalle mufsten schon erhärtet gewesen

sein, als die Quarzmasse noch ganz weich war; denn man sieht sowohl Eindrücke, welche jene in dieser hervorgebracht haben, als auch Sprünge in den Turmalinkrystallen, welche nicht ganz durch dieselben setzen, sondern sich auskeilen, bis zur Spitze des Keils mit Quarz erfüllt. Diefs setzt einen sehr dünnflüssigen Zustand der Quarzmasse voraus. Wie ist aber eine solche Dünnflüssigkeit des Quarzes, welche eine sehr hohe Temperatur fordern würde, mit der viel leichteren Schmelzbarkeit des Turmalins zu einigen? — Mag man annehmen, Turmalin und Quarz hätten sich aus einer gemeinschaftlichen feuerflüssigen Masse ausgeschieden, oder der bereits gebildete und erhärtete Turmalin sei später von geschmolzener Kieselsäure umhüllt worden: in beiden Fällen konnten die Krystalle des ersteren doch erst zerbrochen werden, als der Quarz anfing zu erhärten. Wie konnte aber eine erhärtete Quarzmasse zwischen die feinsten Sprünge des Turmalins treten und sie ausfüllen? — Wäre endlich der Quarz als eine geschmolzene dünnflüssige Masse erst später mit dem Turmalin in Berührung gekommen: so würde er ohne Zweifel den Turmalin zum Schmelzen gebracht haben, da die Masse des Quarzes in der Regel die des Turmalins bei weitem überwiegt. Es würde dasselbe geschehen sein, wie wenn etwa eine grofse Menge geschmolzenen Eisens mit einer geringen ungeschmolzenen Kupfers zusammen käme.

Ohne Schwierigkeit dürfte sich die Erscheinung der zerbrochenen und durch Quarz wieder zusammengekitteten Turmalinkrystalle durch die Annahme erklären, dafs jener in wässriger Auflösung diese umhüllt habe. So wie der Krystall an einer Seite mit dem Quarze zusammengekittet war: so mufste er den durch Erhärten des letzteren veranlafsten Biegungen folgen, bis er, nicht mehr nachgebend, zerbrach. Wurden dem zerbrochenen Krystall noch fortwährend Gewässer, Kieselsäure in Auflösung enthaltend, zugeführt: so setzte sich neuer Quarz zwischen die Bruchstücke, wenn die Zwischenräume auch noch so eng waren; denn wohin noch Wasser dringen kann, wird auch Kieselsäure geführt.

Das Zerbrechen der Turmalinkrystalle kann entweder als eine Folge des an ihnen adhärirenden und sich während der Erhärtung zusammenziehenden Quarzes, oder einer spä-

teren Senkung durch den Druck darüber liegender Massen betrachtet werden. Wenn aber letzteres der Fall wäre, so hätte die Quarzmasse gleichzeitig mitbrechen müssen. Man könnte dagegen freilich einwenden, dafs ebenso, wie die Bruchflächen der Turmaline, auch die Sprünge im Quarze mit Quarz ausgefüllt worden seien, dafs letzteres aber nicht wahrgenommen werden könne. Schwerlich würde jedoch der Turmalin, wie jener vom *St. Gotthard*, durch eine Senkung der darüber liegenden Massen in acht kurze Theile ohne weitere Zersplitterung zerbrochen sein.

Welche Adhäsionskraft manche in Wasser lösliche Stoffe haben, wenn dieselben durch Verdunstung desselben erhärten, zeigt bekanntlich das Eiweifs. Eiweifs in Gefäfsen von Glas oder Porcellan in gewöhnlicher Temperatur verdunstend, zerspringt während der Erhärtung und rollt sich auf, wobei sich gewöhnlich Stücke vom Glase oder Porcellan ablösen, und dem sich aufrollenden Eiweifs anhängen. Thierischer Leim zeigt dieselbe Erscheinung. Diese Wirkungen setzen eine ungeheure Adhäsionskraft voraus, weil die Cohäsion solcher dichter Körper, wie Glas und Porcellan überwunden werden mufs. Die schwache Kraft, welche erforderlich ist, um Turmalin-Säulen zu zerbrechen, ist damit gar nicht zu vergleichen.

Kann auch eine andere Bildung des Quarzes und des Turmalins, als auf nassem Wege, nicht gedacht werden: so verkennen wir doch keineswegs die Schwierigkeiten, welche sich ihr gleichwohl noch entgegensetzen, und die namentlich darin liegen, dafs wir nicht wissen, ob aus den Gewässern erst formlose Absätze entstanden sind, aus denen sich nachher krystallinisches und nicht krystallinisches abschied, oder ob das Aufgelöste in jedem Wassertropfen schon diese Scheidung erlitt. Verschiedene Kieselsäure-Absätze aus heifsen und kalten Quellen haben wir kennen gelernt (Bd. I. S. 877 ff.). Hier und da hat man auch gallertartige Massen im Mineralreiche gefunden. Der Kieseltuff vom *Geyser* enthält, nach Forchhammer, bis auf die Borsäure *), alle Bestandtheile

*) Dafs die Borsäure uns nicht in Verlegenheit setzen könne, zeigen die Suffioni (Bd. I. S. 669).

des Turmalins mit grofsem Kieselsäure-Ueberschufs. Der schwarze Turmalin hat Quarz stets zu seinem Begleiter. Niemand wird daher die Möglichkeit bezweifeln, dafs sich aus einem Wasser, wie aus dem des *Geysers*, ein gallertartiger Absatz bilden könne, aus welchem später Turmaline, mit Zurücklassung von Kieselsäure, krystallisiren, noch später letztere amorph erhärtet, und jene zerbricht. Aus Gewässern, welche hierauf diese Bildungen noch ferner durchdringen, setzt sich dann wieder Kieselsäure ab, welche die Zwischenräume der zerbrochenen Turmalinkrystalle erfüllt, sei es, dafs sie sich allein absetzt, oder mit ihr so geringe Mengen der Bestandtheile des Turmalins, dafs es entweder gar nicht zur Bildung desselben kommt, oder nur in einem so kleinen Maafsstabe, dafs er den Quarz, wie den *Harzer* Hornfels, nur etwas dunkel färbt, oder dafs das Eisenoxydulsilicat später in Eisenoxydhydrat zersetzt wird, und so eine eisenschüssige Quarzmasse entsteht, wie diejenige ist, welche die zerbrochenen Turmaline von *Zinnwald* in *Böhmen* zusammenkittet. Eine solche Vorstellung von der Bildung der Turmaline im Quarze dürfte vielleicht annehmbarer gefunden werden, als eine directe Ausscheidung der Turmalin- und der Quarzsubstanz aus jedem Wassertropfen.

Die so sehr verschiedene Färbung der Turmaline (weifs, roth, blau, grün, gelb, braun, schwarz) ist besonders defshalb merkwürdig, weil nicht selten derselbe Krystall verschieden gefärbt erscheint, oder verschieden gefärbte Krystalle sich gegenseitig umschliefsen. Die ausgezeichnetsten Krystalle dieser Art liefert *St. Pietro* auf der Insel *Elba*. Es finden sich rosenrothe, am Ende nicht selten farblose Krystalle, in denen oft eine kleine, röthliche Schicht das Wasserhelle trennt, ferner Krystalle, am untern Ende schwarz, in der Mitte gelblichgrün und am obern Ende rosenroth, in denen sich die Farben schwarz und grün meist scharf abschneiden, grün und rosenroth aber häufig in einander übergehen; dann Krystalle, am aufgewachsenen Ende rosenroth, die ins Olivengrüne übergehen, und am obern Ende mit einer dünnen, scharf abgeschnittenen, schwarzen Schicht bedeckt sind, oft von ziemlicher Gröfse, endlich Krystalle, am aufgewachsenen Ende schwärzlichgrün, die ins Wasserhelle übergehen und am freien mit einer scharf abgeschnittenen, schwarzen Schicht bedeckt sind. In *Chester*

Chesterfield und *Goshen* in den *Vereinigten Staaten* sind häufig rothe Krystalle in grünen eingeschlossen, und nicht selten findet sich eine kleine Lage Talk zwischen dem eingeschlossenen und einschliefsenden Krystalle. Häufig umhüllt ein grüner Turmalinkrystall mehrere rothe; der blaue schliefst auch grüne, und der grüne blaue Krystalle ein *).

In den Drusen eines Granits, der bei *Schaitansk* gangförmig in Serpentin aufsetzt, finden sich kleine durchsichtige, an einem Ende zerbrochene Krystalle, die hier lichte olivengrün bis leberbraun, am krystallisirten Ende kermesinroth sind. Andere sind am zerbrochenen Ende kermesinroth und am freien olivengrün, bis auf eine sehr dünne Schicht an der Endfläche, die wiederum roth ist. Andere gröfsere Krystalle sind am freien Ende lichte violblau und durchsichtig, am andern dunkelviolblau bis fast schwarz und undurchsichtig. Oefters schliefsen die Krystalle, besonders wenn sie eingewachsen sind, anders gefärbte Kerne ein, und es sind am häufigsten braune, mehr oder weniger dunkelgefärbte Krystalle, die von rothen Hüllen umgeben sind **). Die Turmalinkrystalle von *Sarapulsk* bei *Mursinsk* sind in der Regel ganz gleichmäfsig dunkel kermesinroth gefärbt, oder haben nur zuweilen einen dunkelviolblauen Kern ***).

Man sieht, die Farbe dieser Turmaline steht, wie zu erwarten war, in keiner Beziehung zu ihrem zerbrochenen oder nicht zerbrochenen Zustande. Die ungleiche Färbung eines und desselben Krystalls, das Eingeschlossensein anders gefärbter Kerne deutet unverkennbar auf eine sehr langsame Bildung aus Materialien, deren Zusammensetzung sich oft plötz-

*) G. Leonhard Handwörterbuch. S. 515 u. 517.

**) G. Rose Reise u. s. w. Bd. I. S. 461. — In dem Innern mancher Krystalle findet sich bisweilen die merkwürdige Erscheinung, dafs von derselben Substanz knoten- oder kugelähnliche Ausscheidungen liegen, die sich ablösen lassen, an denen sich die Spaltbarkeit abstöfst, welche ein geringeres specifisches Gewicht haben und einer Elektricitäts-Erregung durchaus nicht fähig sind. Breithaupt betrachtet diese Ausscheidungen als opalartige Gebilde derselben Turmalin-Substanz. Dessen Handb. der Mineral. Bd. III. S. 697.

***) Reise u. s. w. S. 465.

lich verändert haben dürfte. Nach der Analyse sind die rothen Turmaline (von *Rozena* in *Mähren*, von Perm (C. Gmelin) und der vorhin angeführte von *Sarapulsk* (Hermann)) eisenfrei, aber ziemlich manganreich. Diese rothen, so wie die olivengrünen, leberbraunen und dunkelviolblauen Turmaline von *Schaitansk* verlieren vor dem Löthrohre bei der ersten Einwirkung der Hitze ihre Farbe und werden grünlichweifs, behalten aber noch ihre Durchsichtigkeit; erst bei gröfserer Hitze werden sie weifs und undurchsichtig. Dieses Verhalten läfst auf einen organischen Farbestoff schliefsen. Aber auch der schwarze Turmalin (von *Käringbrika*), der vor dem Löthrohre auf der Kohle unter starkem Aufblähen schmilzt, wird weifs, welches gleichfalls auf einen durch Hitze zerstörbaren Farbestoff deutet. Dagegen schmilzt die Varietät von *Bovey* in *England* zu einer schwarzen Schlacke, der grüne aus *Brasilien* wird nach dem Aufblähen schwarz und giebt eine gelbliche Schlacke; ebenso wird der dunkelblaue Lithionturmalin (Indikolith), der sich sehr stark aufbläht, schwarz und schlackig.

Von der Kohlensäure in Turmalinen war schon Bd. I. S. 687 die Rede. Sie zeigte sich in deutlicher Gasentwicklung, als Hermann Splitter des Fossils in einer zuvor geschmolzenen Boraxperle vor dem Löthrohre erhitzte, und beim starken Glühen eines braunen Turmalins in einem Porcellanrohre, wobei das entwickelte Gas Kalkwasser trübte. Quantitativ bestimmte er sie durch starkes Glühen des Fossils bei Luftausschlufs im Windofen. Wir haben a. a. O. diese Kohlensäure als ein Zeichen schon begonnener Zersetzung betrachtet, und diefs mag auch der Fall sein, wenn die Turmaline kalkhaltig sind. Sollte aber die Kohlensäure nur an Magnesia oder Eisenoxydul gebunden sein: so müsste sie durch Säuren und durch mäfsiges Glühen über der Spirituslampe ausgetrieben werden, was nicht der Fall ist. Ihre Präexistenz hat daher wenig Wahrscheinlichkeit, mehr dagegen ihre Bildung aus organischen Substanzen, welche sich auf Kosten des Eisen- und Manganoxyduls oxydiren, woraus sich auch das Aufblähen und der Verlust der Farbe beim Glühen leicht erklären würde. Uebrigens dürfte Hermann die Kohlensäure wohl zu hoch bestimmt haben, da er nicht unter-

suchte, ob der Gewichtsverlust beim Glühen blofs von Kohlensäure herrührte *). Durchläuft man die übrigen Analysen der Turmaline in Rammelsberg's Handwörterbuch: so findet sich bei den meisten ein Glüheverlust angegeben, der in dem blauen von *Utön* bis auf 3,6 Proc. steigt.

Da in den grünen, braunen und schwarzen Turmalinen durchgängig das Eisenoxydul sehr hervortritt: so ist zu vermuthen, dafs die am einen Ende roth, am andern grün, braun, selbst schwarz gefärbten Krystalle eine sehr ungleiche Zusammensetzung haben, dafs sie an jenem Manganoxydul, an diesem Eisenoxydul enthalten. Eine Analyse der verschieden gefärbten Enden solcher Turmaline ist daher sehr zu wünschen, um hierüber entscheiden zu können.

In einigen mineralogischen Lehrbüchern finden wir die Turmaline nach ihren Farben geordnet; wegen verschiedener Färbung in denselben Krystallen kann jedoch keine scharfe Sonderung stattfinden. Rammelsberg unterscheidet Lithion-, Natron- und Magnesia-Turmaline. Diese Unterscheidung ist aber defshalb nicht ganz scharf, weil stets je zwei, vielleicht bei näherer Untersuchung alle drei Alkalien zusammen vorkommen. Etwas durchgreifender möchte vielleicht die Unterscheidung in Lithion-Manganoxydul-Turmaline, und in Eisenoxydul-Turmaline sein, wovon die letzteren wiederum in Magnesia freie oder fast freie und in Magnesia haltige zerfielen. Doch wir legen auf eine solche scheinbare Verbesserung, so wie auf Sonderungen überhaupt bei Fossilien, die wahrscheinlich in demselben Individuum unendliche Uebergänge bilden können, keinen besondern Werth.

In Betreff der theoretischen Deutung der über den Turmalin erlangten Resultate, bemerkt Rammelsberg, müssen wir uns wohl aller Vermuthungen enthalten, bis fernere Analysen mit möglichst vielen Varietäten angestellt werden, und die Bestimmung der Borsäure genauer ausfällt, da auf ihre Rechnung wohl der fast stets vorhandene Verlust zu setzen sein dürfte. Wie wenig die vorhandenen Untersuchungen der Aufstellung einer gemeinschaftlichen Formel für die Gattung

*) Vergl. Berzelius in s. Jahresb. Jahrg. XXVI. S. 349.

günstig sind, beweist das schwankende Verhältnifs des Sauerstoffs der Bestandtheile *).

Es steht dahin, ob noch so sehr vervielfältigte Analysen diesen Zweck erreichen lassen, oder ob nicht vielmehr das Irrsal noch immer gröfser wird. Blum **) bemerkt ganz richtig, dafs die Neigung zur Umwandlung, z. B. in Glimmer, wenigstens in manchen Fällen, jenes Schwanken in der Zusammensetzung zu veranlassen scheine. Wir fügen hinzu, dafs der Turmalin auch andern Umwandlungen unterliegt. Wenn daher vom ersten Momente der Umwandlung bis zu ihrer gänzlichen Vollendung die Form beibehalten wird, wenn sogar die verschiedene Färbung auf eine verschiedene Mischung an demselben Krystall schliefsen läfst: so haben wir es mit unendlich verschiedenen Mischungsverhältnissen zu thun; mithin kann nicht mehr von bestimmten die Rede sein.

Im Allgemeinen ist ein Thonerdesilicat der Hauptbestandtheil des Turmalins, welches verbunden ist mit Silicaten von Kali, Natron, Lithion, Magnesia, Eisenoxydul und Manganoxydul in den mannichfachsten Verhältnissen. Nur das Eisenoxydul ist es, welches manchmal, wie im schwarzen Turmalin vom *Spessart,* bis auf 23,5 Proc. steigt; die übrigen Basen sind meist nur in geringen Verhältnissen vorhanden. Hermann fand, dafs neben Eisenoxydul auch Eisenoxyd, obgleich in geringerer Menge vorkommt. Kalk findet sich in einigen Turmalinen, aber in so geringer Menge, dafs er wohl für einen zufälligen Bestandtheil zu halten ist.

Darin zeichnet sich aber der Turmalin vor allen ähnlichen Fossilien aus, dafs er Borsäure als constanten Bestandtheil enthält (Bd. I. S. 401). An welche Base oder Basen sie aber gebunden sei, ist nicht zu entscheiden (Bd. I. S. 685). Da borsaures Eisenoxydul und borsaure Magnesiasalze Borsäure in der Hitze fahren lassen (S. 674); beim Glühen der Turmaline sich aber davon keine merkliche Menge zu verflüchtigen scheint: so ist nicht anzunehmen, dafs sie an diese Basen gebunden sei.

*) Wie geduldig die chemischen Formeln sind, zeigt Hermann, indem er sogar durch die aufgefundene Kohlensäure einen Theil Borsäure ersetzen läfst.

**) Oryktognosie. S. 315.

Der Turmalin wird, nach v. Kobell, als Pulver von Salzsäure nicht angegriffen, von Schwefelsäure aber unvollkommen zersetzt. Das Pulver des geschmolzenen wird durch längere Digestion mit concentrirter Schwefelsäure fast vollkommen zersetzt.

Dieses Verhalten, welches andere Fossilien, wie Granat und Vesuvian, in einem noch auffallenderen Grade zeigen, scheint mit ihrer Bildungsart in Beziehung zu stehen. Davon wird bei diesen Fossilien mit mehrerem die Rede sein.

Die Turmaline zeichnen sich aus durch besondere optische und elektrische Verhältnisse, nämlich in der Ebene der Hauptaxe polarisirtes Licht nicht, oder wenigstens nur sehr unvollständig durchzulassen, und nach dem Reiben oder Erwärmen polarisch elektrisch zu werden, wobei die Krystallaxe mit der elektrischen zusammenfällt: durch Verhältnisse, welche allerdings in den Bereich einer physikalischen Geologie gehören. Da wir aber zu dem bereits Bekannten nichts Neues hinzufügen können, und diese Verhältnisse in geologischer Beziehung eine geringere Bedeutung haben: so verweisen wir defshalb auf die Handbücher der Mineralogie.

Zersetzungen der Turmaline.

Breithaupt *) sagt: der Turmalin ist auch der Zerstörung unterworfen; es entsteht aber dabei ein neuer Körper aus ihm, womit er auf die Umwandlung desselben in Glimmer deutet. Von einem Fossil, welches in manchen Varietäten so bedeutende Quantitäten Eisenoxydulsilicat enthält, sollte man wohl analoge Zersetzungen, wie bei anderen Fossilien von ähnlicher Zusammensetzung, eine Umwandlung des Oxyduls in Eisenoxydhydrat, erwarten. Es ist aber wohl der fehlende Kalk, wodurch seine Beständigkeit bedingt wird.

Der Verlust des gewöhnlich starken Glanzes scheint der Anfang der Veränderung zu sein. Hierbei zeigen sich zuweilen gewisse Flächen matt, selbst rauh, gekerbt oder löcherig, während andere noch ihren vollen Glanz haben. In den Löchern, welche jedoch selten tief einfressen, erscheint ein

*) A. a. O. S. 697.

brauner Ueberzug, der allerdings zeigt, dafs jene Zersetzung durch Oxydation auch beim Turmalin, jedoch meist nur in geringem Grade stattfinden kann. Manchmal ist dieselbe Fläche an einem Ende glänzend, am andern matt oder rauh.

Glimmer nach Turmalin.

Es ist nichts seltenes, dafs Krystalle, namentlich von schwarzem Turmalin, mit Glimmerblättchen überzogen sind. Auch findet man letztere zuweilen mit Sprüngen parallel den Queraxen, die zum Theil mit Glimmermasse erfüllt sind; ja man hat den Glimmer selbst in der Form des Turmalins getroffen *). Von einer Umwandlung des Turmalins in Glimmer giebt Ficinus **) bestimmte Nachricht. Im Granit zu *Kleinchursdorf* finden sich nämlich häufig Turmalinkrystalle, welche schuppenförmig mit silberweifsem Glimmer bedeckt sind. Letzterer dringt auch in die Masse des Turmalins ein. Am merkwürdigsten sind diejenigen drei- oder neunseitigen Säulen, welche im Aeufsern dem Turmalin gleichen, innen aber aus silberweifsem und graulichem talkigen Glimmer bestehen, bisweilen auch noch in ihrer Mitte einen Kern von Turmalin zeigen. Noch andere dieser Krystalle sind hohl und innen mit kleinen, sechsseitigen Glimmertafeln drusig bekleidet.

Freiesleben***) beschreibt unter dem Namen Micarell von *Neustadt* unfern *Stolpen*, ein gelblich- oder grünlichgraues, durch beigemengten Glimmer und thonigen Chlorit meist entstelltes, sehr klüftiges thoniges Fossil, welches fast immer mannichfach mit Turmalin verwachsen und in langen, aber sehr unvollkommenen und unregelmäfsigen, sechsseitigen Säulen vorkommt, dessen Seitenflächen stets mit grauem Glimmer überzogen sind. Die stärkeren Säulen haben auch wohl noch einen Kern von krystallisirtem Turmalin oder von der

*) Blum a. a. O. S. 94.

**) Schriften der Gesellschaft für Mineralogie zu *Dresden* 1819. Th. II. S. 212. Ausgezeichnete Pseudomorphosen dieser Art habe ich bei Breithaupt gesehen.

***) Magazin für die Oryktognosie von *Sachsen*. H. IV. 1830. S. 183 und 184.

beschriebenen Substanz des Fossils. Wo aber Glimmer in der Masse der Krystalle liegt, haben sich die Blättchen desselben mit ihren Seitenflächen nach der Länge der Säulen neben einander concentrisch, wie um eine in der Mitte der Säulen liegende Axe, gelagert.

Hierher zählt Blum auch das auf einem Quarzlager im Glimmerschiefer an der *hohen Henne* bei *Schwarzenberg* in einzeln eingewachsenen, dreiseitigen Säulen vorkommende, thonige Fossil, welches mit feinen Glimmerschüppchen sehr übermengt ist, und einen rothen Strich giebt *); ferner die auf einer stockförmigen Einlagerung von Feldspath im Syenitschiefer in der Gegend von *Siebenlehn* vorkommenden säulenförmigen Krystalle von dunkel grünlichgrauem und leberbraunem Glimmer **).

Gegen Anker's ***) Behauptung, wonach sich der Glimmer im Chloritschiefer zu *Pfitsch* in *Tyrol* in Turmalin umgewandelt haben sollte, bemerkt Blum, dafs sich die Sache ohne Zweifel umgekehrt verhalte. Eine Stufe in meiner Sammlung von diesem Fundorte bestätigt diefs in so weit, dafs die unversehrten Turmalinkrystalle ihren natürlichen Glanz und ihre schwarze Farbe zeigen, aber auf dem Querbruche oder auf den rauhen und höckerigen Seitenflächen und besonders in kleinen Grübchen mikroskopisch kleine, glänzende Blättchen und Pünctchen wahrnehmen lassen. Ich wage nicht zu entscheiden, ob es wirklich Glimmerblättchen oder nicht vielmehr Chlorite sind; eine auffallende Verschiedenheit zwischen ihnen und der chloritischen Grundmasse, in welche die Turmaline eingeknetet sind, ist wenigstens nicht wahrzunehmen. Die weiter unten angeführte Beobachtung G. Rose's spricht wohl dafür, dafs diese mikroskopischen Pünctchen Chlorit seien.

Eine Umwandlung des Turmalins in Glimmer beobachtete Blum auch an den Turmalinen im Granit der Gegend von *Heidelberg* und des *Hörlberges* in *Baiern*. Manche Turmaline des letzteren Vorkommens zeigen Farbe, Härte und

*) Freiesleben ebendas. S. 182.

**) Derselbe a. a. O. S. 161.

***) Isis 1837. S. 899.

Glanz nur da, wo sie noch keine Umwandlung erlitten haben; wo diese aber eingetreten ist, sind diese Stellen bräunlich, glanzlos und sehr weich, so dafs solche Krystalle durch die Verschiedenheit der Farbe und des Glanzes eine gefleckte Oberfläche haben.

Zu *Crafton* in *New-Hampshire* findet sich schwarzer Turmalin, welcher breit gedrückt zwischen grofsen Glimmerlamellen liegt *).

Der rothe Turmalin vom Berge *Hradisko* bei *Rozena* in *Mähren* unterliegt, wie Blum zeigt, einer Umwandlung in Lithionglimmer: es zeigen sich ganz ähnliche Erscheinungen, wie bei der Umwandlung des schwarzen Turmalins. Dieser rothe Turmalin kommt im Granit meist in Lepidolith oder Quarz eingewachsen vor. Im letzteren Falle springen die Krystalle beim Zerschlagen oft aus dem Quarze heraus und hinterlassen dann gewöhnlich mit einer feinen, weifsen, glimmerartigen Masse überzogene Eindrücke. An manchen Krystallen bildet eine ähnliche Masse das eine Ende, während das andere noch seine natürliche Frische besitzt. Ihre pfirsichblüthrothe Farbe geht in eine gelblich- oder grünlichweifse über; sie erscheinen matt oder nur wenig glänzend, und büfsen ihre Härte ein. Aufsen besitzen sie oft noch ihre gewöhnliche Farbe, Härte und ihren Glasglanz, während eine weifsliche, gelbliche oder manchmal auch grünliche Glimmermasse den Kern bildet. Die Krystalle haben meist viele Quersprünge, in denen Glimmerblättchen liegen. Auch nehmen letztere, die sich in der Regel in der Richtung der Hauptaxe angelagert haben, mehr oder weniger die ganze Form des Turmalins ein, und Theilchen desselben sind mit jenen im Gemenge. Solche Krystalle lassen sich aufsen leicht ritzen und in der Richtung der Hauptaxe gut spalten; ja, sie reifsen beim Zerschlagen oft von selbst schon in der Mitte durch. Die Glimmermasse ist übrigens fast nie ganz rein, sondern gewöhnlich noch mit Turmalinkörnchen gemengt; auch zeigt sie nur äufserst selten die rothe Farbe des Lepidoliths.

Die schon oben (S. 433) angeführten Turmaline von *Schaitansk* kommen im Feldspath und Lepidolith ein- und

*) Breithaupt a. a. O. S. 707.

auf diesen Fossilien aufgewachsen vor. Sollte vielleicht dieser Lepidolith ein umgewandelter Turmalin sein? —

Ein vorliegendes Bruchstück eines rothen Turmalins von *St. Pietro* auf *Elba* mit unregelmäfsigen Flächen, zeigt die Umwandlung sehr vollständig. Diese Flächen sind mit weifsen, hier und da etwas ins Grünliche spielenden Glimmerblättern belegt. Beim Zerschlagen spaltete sich das Bruchstück und die Spaltungsflächen waren gleichfalls mit Glimmerblättchen so vollkommen bedeckt, dafs auf ihnen nichts von dem unterliegenden pfirsichblüthrothen Turmalin zu sehen war. Letzterer war völlig glanzlos, erdig und liefs sich mit dem Messer schaben. Man sieht an diesem Bruchstücke sehr deutlich, wie die Umwandlung theils von den äufsern Flächen, theils von den Spaltungsflächen ausgegangen ist, und wie es ohne Zweifel die zwischen letztere eingedrungenen Gewässer waren, welche die Umwandlung bewirkt haben.

Was die chemische Zusammensetzung der Turmaline und der Glimmerarten betrifft, so zeigt sich zwischen beiden eine sehr nahe qualitative Uebereinstimmung. Im Allgemeinen finden wir in beiden dieselben Bestandtheile, obwohl in verschiedenen Verhältnissen. Im Magnesiaturmalin ist die Thonerde stets in viel gröfserer, dagegen die Magnesia in der Regel in geringerer Menge, als im Magnesiaglimmer vorhanden. Kali beträgt im Glimmer überhaupt viel mehr, als in den Turmalinen. Bei der Umwandlung des Magnesiaturmalins in Magnesiaglimmer wird daher der gröfsere Theil der Thonerde durch Magnesia und Kali verdrängt. Das Eisenoxyduloxyd schwankt in beiden sehr bedeutend, so dafs theils die volle Menge desselben im Turmalin in den Glimmer übergehen, theils davon bei der Umwandlung ausgeschieden, theils aufgenommen werden kann.

In den Natronturmalinen finden wir Kieselsäure und Thonerde nahe in denselben relativen Verhältnissen, wie in den Magnesiaturmalinen; dagegen beträgt die Thonerde im Kaliglimmer verhältnifsmäfsig viel mehr, als im Magnesiaglimmer. Daher braucht bei der Umwandlung des Natronturmalins in Kaliglimmer eine viel geringere Menge Thonerde ausgeschieden zu werden, als bei der Umwandlung des Magnesiaturmalins in Magnesiaglimmer. Die Magnesia ist im Natrontur-

malin wie im Kaliglimmer ein untergeordneter oder gänzlich fehlender Bestandtheil. Bei der Umwandlung findet daher weder eine Ausscheidung noch eine Aufnahme in einem merklichen Grade statt. Das Eisenoxydul ist in beiden in sehr verschiedenen Quantitäten, manchmal in bedeutenden vorhanden; es kann daher die Umwandlung von statten gehen, ohne dafs sich seine Menge zu verändern braucht. Diese Umwandlung kann sich mithin im Allgemeinen darauf reduciren, dafs ein Theil Thonerde und die ganze Menge Natron im Natronturmalin durch Kali verdrängt wird.

Die Umwandlung des rothen Turmalins in Lepidolith reducirt sich im Allgemeinen auf eine theilweise Verdrängung der Thonerde durch Kali und Lithion. Es ist sehr bemerkenswerth, dafs die Lithionturmaline, wie die Lithionglimmer, zu den manganreichsten Fossilien dieser Gattung gehören. Nur in manchen Fällen dürfte bei der Umwandlung etwas Manganoxydul ausgeschieden werden. Nicht zu übersehen ist, dafs das Eisenoxyduloxyd in den rothen Lithionturmalinen, wie in manchen Lepidolithen fehlt; in einigen der letzteren, in den braunen und grünlichen tritt es dagegen in sehr bedeutender Menge hervor. Sollten daher letztere umgewandelte Turmaline sein, so hätten sie bei der Umwandlung eine bedeutende Menge Eisenoxydul aufnehmen müssen.

Es ist beachtungswerth, dafs die Borsäure der Turmaline sich auch in manchen Glimmerarten, wenn gleich nur Spuren davon, wiederfindet (Bd. I. S. 684). Jeden Falls ist die gröfsere Menge derselben bei der Umwandlung ausgeschieden worden. Dagegen hat man in den Turmalinen keine Flufssäure, welche in den Glimmerarten so sehr verbreitet ist, gefunden. Sollten diejenigen unter den letzteren, welche umgewandelte Turmaline sind, Flufssäure enthalten: so müfste dieselbe während der Umwandlung aufgenommen worden sein, was um so weniger befremden könnte, da Fluor ein in Gewässern so sehr verbreiteter Stoff ist (Bd. I. S. 492).

Wir haben das Chemische bei der Umwandlung des Turmalins in Glimmer nur in allgemeinen Umrissen dargestellt. Zusammenstellungen von Turmalin- und Glimmer-Analysen können zu nichts führen, da die Zusammensetzung in beiden überaus abweichend ist. Nur eine Analyse eines Turmalins,

von dem einen Ende eines Krystalls genommen, wo er noch ganz unverändert erscheint, dessen anderes Ende aber in Glimmer umgewandelt ist, könnte einen Anhaltepunct geben, obgleich nicht zu übersehen ist, dafs, nach den verschiedenen Färbungen der Enden zu schliefsen, selbst derselbe Krystall an beiden Enden verschieden zusammengesetzt sein kann. Uebrigens haben wir gesehen, dafs im Allgemeinen die Umwandlung des Turmalins in Glimmer ein ziemlich einfacher chemischer Procefs ist; mithin durch eine vergleichende Analyse die Umwandlung nur bestätigt werden könnte, wenn die Pseudomorphie noch Wünsche übrig lassen sollte.

Folgende Betrachtungen dürften darthun, dafs die Umwandlung des Turmalins in Glimmer eine Erscheinung ist, welche eine geologische Bedeutung hat.

Breithaupt *) bemerkt, dafs es Granite giebt, in denen die von Turmalinkrystallen zurückgelassenen Räume mit Glimmer, meist Lepidolith, ausgefüllt sind. In andern Stücken findet man die Räume zum Theil mit Glimmer, und endlich auch solche, welche blofs mit Turmalin ausgefüllt sind. So kommen zu *Dekalb* in *New-York* im Granit Massen von schwarzem Turmalin vor, derb mit stänglicher Zusammensetzung, welche letztere durch Aneinanderreihung von Individuen entstanden sind. Sie haben nicht allein einen Ueberzug von gelblich oder grünlich weifsem Glimmer, sondern dieser zeigt sich auch zwischen die einzelnen Stengel eingedrungen und trennt sie auf solche Weise von einander. An einzelnen Stellen zieht sich auch der Glimmer in den Turmalin hinein und bildet selbst hier und da Gemenge mit demselben, so dafs man auch hier deutlich sieht, wie jener aus diesem entstanden ist **).

Ueber die Beziehungen des Glimmers zum Turmalin finden wir in Naumann's Erläuterungen ***), nach Oehlschlägel's Beobachtungen, mehrere beachtungswerthe Erscheinungen.

Sowohl in der *Auersberger*, als auch in der *Eibenstocker*

*) A. a. O. S. 697.

**) Blum Nachtrag. S. 28.

***) Heft II. S. 190 ff. u. 201. ff.

Schieferinsel *Sachsen's* ist eine Varietät von Glimmerschiefer verbreitet, welche theils aus lichtgrauem matten, theils aus silberweifsem glänzenden Glimmer mit vorwaltendem graulichweifsen Quarze besteht, und oft eine schwarze Beimengung hat, welche ohne Zweifel sehr feinkörniger Turmalin ist, und dem Gesteine eine schwärzliche Farbe ertheilt. Durch Eisenocher ist dieses Gestein bräunlichroth gefleckt, welches wohl von zersetztem Turmalin herrühren wird.

Ueber den Glimmerschiefer der Gegenden von *Schneeberg* und *Schwarzenberg* berichtet Martini, dafs sich derselbe zum Gneifse hinneigt, und noch mehr oder weniger Feldspath enthält, der sich in einigen Schichten (unter andern in *Beyerfeld*) sehr anhäuft, in welchen der Glimmer fast gänzlich verdrängt und durch dünne Krystalle von schwarzem Turmalin ersetzt wird.

In der Nähe der im Schiefergebirge aufsetzenden, aus Turmalin und Quarz bestehenden Zinngänge zieht sich, nach Oehlschlägel, der Turmalin in das Nebengestein, verdrängt daraus bisweilen den Glimmer und bildet mit dem Quarze desselben abwechselnde Lagen, woraus denn ein wirklicher Turmalinschiefer hervorgehen würde.

Der Turmalinfels, wovon in *Sachsen* zwei Varietäten vorkommen, die man als körnigen und schieferigen unterscheiden kann, ist, besonders der letztere, von Freiesleben *), beschrieben worden. Dieser Turmalinschiefer besteht aus abwechselnden weifsen und schwarzen Lagen, von denen erstere aus festem, höchst feinkörnigem, sandsteinähnlichem Quarze, letztere aber aus eben so feinkörnigem schwarzen Turmalin bestehen, der gewöhnlich mit etwas Quarz, auch wohl mit Chlorit verflöfst ist, und eine theils feinkörnige, theils dichte, dunkel grünlichschwarze oder bräunlichschwarze Masse zu bilden pflegt, der öfters Zinnerz mehr oder weniger reichlich beigemengt ist **). Die Quarzlagen enthalten grauen oder röthlichen, die Turmalinlagen schwarzen Glimmer. Diese bei-

*) Geognost. Arbeiten Bd. VI. S. 1 ff. und Magazin für die Oryktographie von Sachsen. Heft I. S. 105 ff.

**) Als ein seltener accessorischer Gemengtheil ist noch Granat zu erwähnen.

den Lagen sind meist scharf begrenzt, bilden aber selten ebene, sondern wellenförmige und verworrene Flächen. Der Turmalinschiefer erscheint theils als eine ganz eigenthümliche Modification des Schiefergebirges da, wo dasselbe mit dem Granit in Berührung tritt, theils bildet er Gänge im Schiefergebirge. Am ausgezeichnetesten steht er auf dem Gipfel des *Auersberges*, an der Ost- und Südseite über dem Granit an. Ebenso ausgezeichnet erscheint er auf den Gängen derjenigen Zinngang-Formation, welche Freiesleben als die dritte bezeichnet. Diese Gänge werden eigentlich ganz vom Turmalinfels, dessen Streifen ihren Saalbändern parallel liegen, zusammengesetzt, und erscheinen nur in so fern als Zinngänge, als die schwarzen turmalinführenden Streifen auch häufig mit Zinnerz gemengt sind.

Naumann macht aufmerksam auf die grofse Uebereinstimmung dieser Verhältnisse mit denen in *Cornwall*. Die dortigen Geognosten, wie Forbes, Carne, Boase und Hawkins stimmen darin überein, dafs der Turmalinfels in *Cornwall* häufiger in Gängen, als in anderen Lagerungsformen auftritt; ja, sie sind geneigt, den nicht in Gängen auftretenden Turmalinfels als eine blofse Varietät des turmalinführenden Granits zu betrachten. Diese Turmalingänge sind auch dort oft so reich an Zinnerz, dafs darauf Bergbau betrieben wird. Sie setzen meist nahe an der Granitgrenze, oft aber auch im Granite selbst auf. In *Cornwall* ist das schöne Gestein des *Roach Rock* als diejenige Varietät des Turmalinfels bezeichnet worden, welche gewissermafsen den Typus aller hierher gehörigen Gesteine darstellt *). Quarz und Turmalin bilden daselbst ein körniges Gemeng von granitähnlicher Structur, und das Gestein bildet einen Felsenkamm, welcher, obwohl in der Nähe des Granits, doch schon völlig abgesondert davon im Gebiete des Schiefergebirges auftritt. Etwas Aehnliches zeigt sich in *Sachsen* an dem schon vorhin erwähnten Puncte, bei *Beyerfeld*, wo Breithaupt mitten im Glimmerschiefer, auf ein Paar hundert Schritte weit, ein körniges Gemenge aus Turmalin und Quarz anstehend fand, welches nicht geschichtet, aber im Grofsen ungemein zerklüftet

*) Boase in Trans. of the geol. soc. of Cornwall. V. IV. p. 242.

und anscheinend dem Glimmerschiefer regelmäfsig eingelagert ist. Stellenweise ist in ihm Arsenikkies eingesprengt.

Diese Beschreibungen tragen zur Aufklärung zweier wichtigen Verhältnisse des Turmalins bei: erstens, was seine Umwandlung in Glimmer, und zweitens was seine Bildungsart betrifft.

Hätte man noch keine Pseudomorphosen des Glimmers nach Turmalin gefunden: so würde man vielleicht aus jenen Uebergängen des Glimmerschiefers in Turmalinschiefer, und aus dem, dem Turmalin beigemengten Glimmer auf eine umgekehrte Umwandlung schliefsen. Da aber eine solche Umwandlung allen bisherigen Erfahrungen widerspricht: so können die Beziehungen zwischen Turmalin und Glimmer, welche sich an den angeführten Stellen *Sachsen's* auf eine so unverkennbare Weise zeigen, nur Belege liefern, dafs die Umwandlung des Turmalins in Glimmer nicht etwa blofs eine mineralogische Curiosität ist, sondern eine geologische Bedeutung hat.

Was das Genetische betrifft: so zeigt das Auftreten des Turmalinfels in *Sachsen* und in *Cornwall* nicht nur keinen Widerspruch mit den Schlüssen, zu welchem das Vorhergehende uns führte, sondern sogar eine Bestätigung derselben. Eine den Saalbändern eines Ganges parallele Streifen-Bildung, wie sie sich in den Erzgängen auf eine so ausgezeichnete Weise zu erkennen giebt, halten wir für ein entschiedenes Kriterion einer Bildung auf nassem Wege. Es ist eine Schichtung, nicht aber eine horizontale, wie aus stehenden Gewässern auf horizontalem oder wenig geneigtem Boden, sondern in mehr oder weniger geneigter Lage, wie sie statt haben mufs, wenn Gewässer an Spaltenwänden langsam herabsickern und das Aufgelöste absetzen. Wie und durch welche Kraft hätten sich solche, diesen Wänden parallele Streifen bilden können, wenn eine in einer Spalte aus der Tiefe aufgestiegene feuerflüssige Gangmasse darin erkaltet wäre? — Hat man in wirklichen Spaltenausfüllungen auf feuerflüssigem Wege, in Lavagängen, jemals eine solche, den Saalbändern parallele Streifenbildung wahrgenommen? — Wäre auch eine Abscheidung von Turmalin und Quarz aus einer feuerflüssigen Masse während ihrer Erstarrung möglich: so könnte man nach hydrostatischen Gesetzen doch nur erwarten, dafs der specifisch

schwerere Turmalin den unteren, der specifisch leichtere Quarz den obern Theil des Gangraums, nimmermehr aber, dafs sie ihn in wechselnden Streifen, parallel den Gangwänden erfüllt hätten. Was aber von der Bildung des gangförmig vorkommenden Turmalinfels gilt, hat auch Bezug auf die Massen, welche nicht in Gängen auftreten; es ist nur der Unterschied, dafs in diesen der Wechsel der Turmalin- und Quarzlagen in mehr oder weniger horizontaler Richtung statt hat und mithin durch diese Schichtung eben so deutlich, wie in den Gängen, die neptunische Bildung nachweiset.

Wir können uns aber wohl denken, was man diesen Schlüssen entgegen setzen wird. Man wird an ein wiederholtes Oeffnen der Gangspalten durch Abrutschungen des Nebengesteins erinnern. Man wird eine eruptive Masse, Quarz, aufsteigen lassen, und nachdem die Spalte sich wieder geöffnet hat, wird man eine zweite, Turmalin, nachfolgen lassen und dieses Oeffnen und Schliefsen und abwechselnde Aufsteigen von Quarz- und Turmalin-Massen wird man so oft sich wiederholen lassen, als Streifen von beiden sich finden. In der Tiefe, in der Vorrathskammer dieser feuerflüssigen Massen, müfsten also eben so viele abgesonderte Quarz- und Turmalinschichten vorhanden gewesen sein, ohne sich mit einander vermischt zu haben, als sich deren jetzt in den Gangspalten finden, und jede dieser Massen müfste genau so viel betragen haben, als die Capacität der jedes Mal sich geöffneten Spalte zur Ausfüllung verlangt hätte. (Man vergl. Bd. II. S. 16). Eine Harmonia praestabilita, so harmonisch als sie sich die Philosophen nur je gedacht haben, hätte dieses vorher bestimmen müssen; denn hätte die eruptive Masse, Quarz oder Turmalin, einmal nur etwas mehr betragen, als die geöffnete Spalte aufzunehmen vermocht hätte: so würde der Ueberrest zurückgeblieben, und bei der nächst folgenden Eruption der anderen Masse vorangegangen sein. In diesem Falle müfste also etwa ein Quarzstreifen vom Ausgehenden des Ganges bis zu einer gewissen Tiefe niedergehen und dann plötzlich in Turmalin, oder umgekehrt ein Turmalinstreifen plötzlich in einen Quarzstreifen übergehen. Diefs müfste sich natürlich sehr oft wiederholen, wenn sich etwa in der Harmonia praestabilita ein Rechnungsfehler eingeschlichen hätte,

Aber man wird vielleicht den Spiefs umkehren, und uns entgegensetzen, dafs wenn sich diese Quarz- und Turmalinstreifen auf nassem Wege gebildet hätten, die Gewässer sich gleichfalls eben so oft hätten verändern müssen, als es Streifen giebt. Darauf ist indefs zu erwiedern, dafs Gewässer thatsächlicher Weise durch ihre Absätze Streifen bilden, wie diefs unter anderen die Einschlüsse in den Mandelsteinen zeigen. Wollte man jedoch die Bildung derselben auf nassem Wege selbst nur für eine Hypothese halten: so deuten wir auf *Carlsbad's* Sprudelsteine mit ihren weifsen, braunen und rothbraunen Streifen, welche theils aus reinen, theils aus, mit mehr oder weniger Eisenoxydhydrat gemengten Kalkabsätzen bestehen.

Man sieht, die Ansicht einer Streifenbildung durch Absatz aus Gewässern ruht auf Thatsachen, die Ansicht einer plutonischen Bildung auf unbegründeten Hypothesen. Wem diese mehr Befriedigung gewähren, als jene, dem wollen wir eine solche Befriedigung nicht rauben.

Chlorit nach Turmalin.

G. Rose *) beschreibt einen Chloritschiefer in der Gegend des Dorfes *Kassoibrod,* welcher schwarzen Turmalin in meist excentrisch zusammengehäuften, dicken, säulenförmigen Krystallen, an deren Enden, gleichsam als Fortsetzung derselben, säulenförmige Bildungen von schuppigem Chlorit sich finden, die, wie der Turmalin im Chloritschiefer eingewachsen sind, und fast das Ansehen haben, als wären sie unvollkommene Afterkrystalle von Chlorit in der Form des Turmalins. Dergleichen säulenförmiger Chlorit findet sich auch ohne Turmalin noch häufiger, und manche Stücke Chloritschiefer scheinen aus lauter excentrisch-zusammengehäuften, stänglichen Zusammensetzungsstücken zu bestehen. Eine ähnliche Beobachtung machte er auch an einem andern Chloritschiefer, der in der Gegend des Dorfes *Kassoibrod* vorkommt, und den er nur nach Stücken in der königl. Sammlung in *Berlin* kennt. In diesem Chloritschiefer, der eigentlich nur ein grobes,

*) Reise. Bd. I. S. 256.

schuppigkörniges Gemeng von vorwaltenden lauchgrünen Chloritblättchen mit tombackbraunen Glimmerblättchen ist, liegen durch einander lange, meist geradlinige Cylinder von weifsen Talkblättchen, welche um eine Längenaxe geordnet sind. Turmaline und überhaupt andere, als die genannten Fossilien, sind in diesem Chloritschiefer nicht eingewachsen, so dafs hier die Erklärung dieser eingewachsenen Talkcylinder noch schwieriger wird. Auch wurde G. Rose *) auf eine Umwandlung des Turmalins in Chlorit im Chloritschiefer, mit eingewachsenem Turmalin von *Pfitsch* in *Tyrol* aufmerksam: dieselbe Erscheinung, wovon schon oben (S. 439) die Rede war.

Die Umwandlung des Turmalins in Chlorit besteht hauptsächlich darin, dafs Magnesia und Wasser aufgenommen, und die Alkalien verdrängt werden **). Je nachdem sich Chlorit oder Ripidolith bilden, wird Thonerde in gröfserer oder geringerer Menge ausgeschieden. Borsäure findet sich in den bisher analysirten Chloriten nicht; es wäre daher interessant, in dem durch Umwandlung des Turmalins gebildeten Chlorit nach ihr zu suchen. Ueberhaupt dürfte aus einer vollständigen, vergleichenden Analyse des Turmalins an dem einen Ende des Krystalls, und des Chlorits am andern der Umwandlungsprocefs näher zu ermitteln sein.

Speckstein nach Turmalin.

Diese Umwandlung beobachtete Blum ***) am rothen Turmalin von *Rozena.* An den im Quarze liegenden Krystallen kann man den Umwandlungsprocefs durch alle Mittelglieder verfolgen. Derselbe beginnt in der Regel an einem Ende des Krystalls, jedoch so, dafs er sich von hier aus zuerst mehr über die Oberfläche verbreitet, als sich in das Innere hineinzieht. Manchmal scheint er auch an mehreren Stellen auf der Oberfläche zugleich anzufangen. Er beginnt mit Verlust der

*) Reise. Bd. II. S. 502 Anm.

**) In einigen Varietäten fand indefs v. Kobell noch Spuren von Alkali.

***) Die Pseudomorphosen S. 134.

Härte, der Glanz wird fettartig, die Farbe geht anfangs in das Gelb- oder Bräunlichrothe, dann in das Gelb- oder Grünlichweifse und zuletzt in das Bräunlichgelbe über, wobei der ganze Krystall durchscheinend wird. Bisweilen ist das Innere noch nicht ganz umgeändert. Auch im Granit von *Thiersheim* finden sich Andeutungen der Umwandlung des schwarzen Turmalins in eine lauchgrüne, specksteinartige Masse.

Bei diesem Processe werden alle Bestandtheile durch Magnesia verdrängt.

In den Zersetzungen oder Umwandlungen, welche der Turmalin erleidet, zeigt sich das Gemeinschaftliche, dafs sich Thonerde, ohne Zweifel als Silicat, fortwährend ausscheidet, bis endlich im letzten Umwandlungsproducte, im Speckstein, sie gänzlich verschwindet. Aufserdem zeigen sich die beiden verschiedenen Richtungen, dafs bei der Umwandlung in Glimmer Alkalien aufgenommen, bei der in Chlorit und Speckstein die vorhandenen ausgeschieden werden. Eine stete Zunahme der Magnesia zeigt sich wenigstens bei der Umwandlung in Chlorit oder Speckstein; es könnte aber sein, dafs auch schon bei der Umwandlung in Glimmer stets diese Erde aufgenommen würde. Die Umwandlung in Speckstein ist nur als eine Fortsetzung der Umwandlung in Chlorit zu betrachten. Uebrigens zeigt sich auch bei diesen Umwandlungen, dafs dieselben stets mit Aufnahme von Wasser beginnen; denn schon im Glimmer finden wir es und sehr hervortretend im Chlorit und Speckstein. Da endlich selbst der Glimmer einer Umwandlung in Speckstein fähig ist: so mufs man auch eine solche Umwandlung in Speckstein von jedem Fossil erwarten, welches sich in Glimmer umwandeln kann. Es ist auch in der That der Fall, dafs, mit Ausnahme des Cordierits, alle Fossilien, welche sich in Glimmer umwandeln können, auch einer Umwandlung in Speckstein fähig sind.

Wie bei allen Umwandlungen in Glimmer, blofs mit Ausnahme der des Feldspaths in Glimmer, mufs auch beim Turmalin eine Aufnahme von Alkalien (Kali, Lithion) stattfinden. Weit entfernt aber, dafs die Frage nach dem Ursprunge dieser Alkalien uns in Verlegenheit setzen könnte, beantwortet

vielmehr die Glimmerbildung durch Umwandlungsprocesse die wichtige Frage, wohin die grofsen Quantitäten Kali, die durch Zersetzung der Feldspathe frei geworden, gekommen sind (Bd. I. S. 846).

C. Granat.

Beachtet man blofs die chemischen Verhältnisse der Granaten, so pflegt man sie nach ihren Basen, in geologischer Beziehung hingegen zweckmäfsiger nach ihren Farben, zu ordnen.

Obgleich verschiedene Basen die Granaten zusammensetzen, so lassen sich diese Fossilien doch im Allgemeinen als Verbindungen aus

2 At. Kieselsäure
1 „ Thonerde
3 „ Kalkerde, oder Magnesia *), oder Eisenoxydul, oder Manganoxydul

oder als Verbindungen aus

2 At. Kieselsäure
1 „ Eisenoxyd, oder Chromoxyd
3 „ Kalkerde

betrachten. Demnach zerfallen sie in folgende Abtheilungen, deren Typen die beigefügten Normalmischungen sind, wie sie allerdings im Mineralreiche fast nie im reinen Zustande vorkommen. (Rammelsberg).

	Thonkalkgranat (Grossular, Hessonit und Romanzovit)		Thoneisengranat (Almandin)		Thonmangangranat.
Kieselsäure	40,31		37,08		36,5
Thonerde .	22,41		20,62		20,3
Kalkerde .	37,28	Eisenoxydul	42,30	Manganoxydul	43,2
	100,00		100,00		100,0

*) Die Magnesia kommt sehr häufig in den Granaten, aber nur in einem, im schwarzen Granat von *Arendal*, in bedeutender, sonst meist in untergeordneter Menge vor.

Eisenkalkgranat (grüner, brauner und gelber Granat. Melanit. Rothoffit)		Chromkalkgranat (Uwarowit). Auch der Pyrop hält etwas Chromoxyd.
Kieselsäure	36,08	
Eisenoxyd	30,56	
Kalkerde .	33,36	
	100,00	

Meist sind jedoch alle diese Basen oder doch mehrere von ihnen in den Granaten vorhanden. Daher kann man dieselben im Allgemeinen als zweifach basische (Drittel-) Silicate von zwei Reihen isomorpher Basen betrachten, wovon die eine Reihe Kalkerde, Magnesia, Eisenoxydul, Manganoxydul, die andere Thonerde, Eisenoxyd, Manganoxyd enthält, und unter welche die Kieselsäure gleich vertheilt ist. Wir werden indefs später sehen, dafs in der Regel die Basen in der zur Sättigung der Kieselsäure erforderlichen Menge nicht vorhanden sind.

Ueber die Oxydationsstufe des Eisens im Granate herrscht noch einige Ungewifsheit. Wir möchten uns daher nicht für die obige Annahme (nach Rammelsberg's Eintheilung) verbürgen, dafs der Thoneisengranat blofs Oxydul und der Eisenkalkgranat blofs Oxyd enthalte.

Der mit Chlorit überzogene *Fahluner* Thoneisengranat von dunkel rothbrauner Farbe gab in der Analyse 44,2 Eisenoxyd, und einen Ueberschufs von 5,32 Proc., wefshalb Hisinger *) das Eisen als Oxydul annahm, was man sonst aus der Farbe des Fossils nicht schliefsen könnte; er hält es daher für wahrscheinlich, dafs diese Farbe dem Manganoxyd zukomme. Wir möchten diefs jedoch bezweifeln, da das Manganoxyd nur 1,8 Proc. beträgt und diese geringe Menge die stark schwarz färbende Kraft des Eisenoxyduls schwerlich aufheben kann **). Wenn selbst das Eisen als Oxydul

*) Schweigger's Journ. Bd. XXI. S. 260.

**) Im Kalkgranat von *Lindbo* nimmt Hisinger (Schweigg. Jour. Bd. XXXVII. S. 434.) im Widerspruche mit dem Obigen

berechnet wird: so ist doch immer noch der Sauerstoff der Basen 1,45 Proc. geringer, als der der Kieselsäure. Dieser Eisengranat hat daher gewifs schon eine theilweise Zersetzung erlitten, worauf auch der Ueberzug mit Chlorit genugsam deutet.

Trolle-Wachtmeister *) nimmt den gröfsten Theil des Eisens im hellgrünen, durchsichtigen Granat vom *Wiluifluſs* in *Kamtschatka* als Oxyd an, da eine so grofse Menge Oxydul gewifs eine tiefere grüne Farbe hervorgebracht haben würde.

Karsten **) prüfte den Oxydationszustand, indem er das geschlämmte Granatpulver mit Salzsäure digerirte, und die Auflösung nach der Sättigung der freien Säure mit Kaliumeisencyanür und Kaliumeisencyanid qualitativ prüfte. Die Granaten, welche Eisenoxyd enthielten, gaben mit Cyanid keine Spur von blauer Färbung. Dagegen zeigten die Oxydul haltigen zwar eine schwache blaue Färbung mit Cyanür; allein diese Färbung rührte nur von mechanischen Beimengungen her, von welchen selbst die vollkommen krystallisirten nicht frei sind. Defshalb zeigen auch nur die ersten sauren Aufgüsse einen geringen Gehalt von Eisenoxyd.

Von geologischer Bedeutung sind: der rothe, grüne, braune und schwarze Granat; der weifse und gelbe haben mehr ein mineralogisches Interesse.

Der rothe Granat ist ein wesentlicher Gemengtheil des Eklogits. Als nicht wesentlicher, aber manchmal in aufserordentlicher Menge findet er sich in krystallinisch-schiefrigen Gebirgsarten: im Gneifse, Glimmerschiefer, Hornblende-, Talk- und Chloritschiefer, ferner im Granulit, Granit, Syenit, Dio-

das Eisen als Oxyd an, wahrscheinlich defshalb, weil sich beim Addiren der Bestandtheile kein bedeutender Ueberschufs ergab. In diesem schwarzen, im Innern schwärzlichbraunen Granat wäre aber bei weitem mehr das Eisen als Oxydul zu vermuthen. Dafs die rothbraune Farbe im *Fahluner* Granat nicht vom Mangan herrühren kann, zeigt der eben genannte Kalkgranat, der mehr als 3 Mal so viel davon enthält, als jener.

*) Poggend. Annal. Bd. II. S. 26.

**) Schweigg. Journ. Bd. LXV. S. 343.

rit, Hornblendegestein, Serpentin, Feldsteinporphyr *), Trachyt und in Auswürflingen älterer Eruptionen des *Vesuv's.* Auch im Thonschiefer, im körnigen Kalk, auf Erzgängen, im aufgeschwemmten Lande, lose in Krystallen und Körnern kommt er vor.

Der grüne Granat findet sich im Glimmerschiefer, im körnigen Kalk und sehr häufig auf Erzlagerstätten, besonders von Magneteisen: *Sachsen*, *Böhmen*, der *Harz*, *Ungarn, Schweden* und *Norwegen* bieten für das letztere Vorkommen sehr viele Beispiele dar.

Der braune Granat kommt häufig mit rothem oder grünem an vielen Orten zusammen vor.

Der schwarze Granat findet sich im Glimmerschiefer, im Thonschiefer und im körnigen Kalk, im Dolerit, Diorit und Syenit, im vulkanischen Gestein und auf Erzlagerstätten.

Man sieht, auch der Granat ist, ungeachtet seines so häufigen Vorkommens, für die Zusammensetzung der Gebirgsmassen nicht von grofser Bedeutung; denn diejenigen derselben, welche, wie der Eklogit, Granatfels, ihn als wesentlichen Gemengtheil enthalten, treten weder häufig noch in sehr ausgedehnten Massen auf. Aber gewifs geht er in seiner geologischen Bedeutung dem Turmalin weit voran.

Das Vorkommen der Granaten bietet sehr viele interessante Verhältnisse dar, welche Licht auf ihre Entstehung, Umwandlung und Zersetzung werfen. Der Raum gestattet nicht, in alle Einzelheiten einzugehen; wir müssen uns auf das Vorzüglichste beschränken.

Im Glimmer-, Chlorit-, Hornblende- und Talkschiefer finden wir den Granat sehr häufig in Begleitung mit Magneteisen, in ersterem auch mit Staurolith (*Taganai* und *Polewskoi*). Jene Begleitung von Magneteisen ist eine sehr bemerkenswerthe Erscheinung, die wir weiter verfolgen müssen.

Schon ältere Mineralogen **) haben die Bemerkung gemacht, dafs die Granaten auf die Magnetnadel wirken.

*) In einzelnen liniengrofsen, hyacinthrothen, krystallinischen Körnern mit meist zersetzten kleinen Feldspath- und kleinen, schwarzen Glimmerkrystallen im Porphyr zu *Düppenweiler* bei *Saarlouis*. Nöggerath das Gebirge in Rheinland-Westphalen. Bd. IV. S. 363.

**) Brugmann Lithologia Groningana etc. 1781. p. 50.

Saussure *) erwähnt eines schönen, reinen *syrischen* Granats, welcher noch in der Entfernung von 2 Linien die Magnetnadel merklich in Bewegung setzte; v. Kobell **) fand gleichfalls, dafs Granatkrystalle eine empfindliche Nadel an einigen Stellen mehr, an andern weniger beunruhigten. Als er einen grofsen Krystall zerschlug und Stücke, welche zum Theil durchscheinend und von schön rother Farbe waren, der Magnetnadel näherte, wurde sie sehr auffallend in Bewegung gesetzt. Bei genauerer Beobachtung erkannte er kleine, sehr deutlich ausgebildete Octaëder von Magneteisen, welche mitten im vollkommen frischen Granat eingewachsen waren. Ebelmen ***) fand im schwarzen Granat, aus dem Gneifse bei *Beaujeux*, eine geringe Menge Eisenoxyd im freien Zustande, welches sich im schwachen Glühen durch Wasserstoffgas reduciren liefs. Er bemerkt nicht, ob dieser Granat magnetisch, mithin das darin enthaltene Eisenoxyd als Eisenoxyduloxyd vorhanden war. Die magnetischen Eigenschaften der Granaten scheinen daher von diesem beigemengten Magneteisen herzurühren. Nicht selten erlangen auch Granaten, welche nicht die Magnetnadel anziehen, beim Schmelzen, z. B. vor dem Löthrohre, diese Eigenschaft. Nach G. Rose zeichnen sich die Kalkeisengranaten in dieser Beziehung besonders aus. Das Eisen in dem vorhin erwähnten schwarzen Granat, welches 29,48 Proc. beträgt, wird, nach Ebelmen, im Weifsglühen ganz reducirt und der Rückstand in Kalksilicat und metallisches Eisen umgewandelt. Salzsäure löst das Eisen mit Entwicklung von Wasserstoffgas auf, und zersetzt das Kalksilicat, mit Zurücklassung von Kieselsäure in graulichen Flocken.

Diefs ist eine ganz ungewöhnliche Erscheinung und um so auffallender, da Ebelmen keine organischen Substanzen unter den Bestandtheilen anführt, welche das Eisenoxyd hätten reduciren können. Auf welche Weise dasselbe reducirt wurde, ist nicht zu begreifen. Beim Schmelzen eines Granats aus dem *Zillerthale* bemerkte v. Kobell †) nur einen Verlust

*) Voyage dans les alpes. V. I. p. 60.

**) Schweigg. Journ. Bd. LXIV. S. 285.

***) Berzelius Jahresbericht. XXVI. S. 367.

†) Schweigg. a. a. O.

von 0,02 Proc.; ein Granat (Almandin) aus *Ungarn* verlor beim Rothglühen nur 0,08 Procent an Gewicht. Nach dem Schmelzen hatte er wieder um eben so viel zugenommen, obgleich die Oberfläche magnetisch geworden war. Sonach scheint im Innern der Masse eine höhere Oxydation des Eisens stattgefunden zu haben, welche jeden Falls so viel betrug, als der Verlust des reducirten Eisenoxyduls der Oberfläche. Der Granat (Melanit) von *Frascati* verlor beim Schmelzen 0,2 Proc. Magnus *) bemerkte gar keinen Gewichtsverlust beim Schmelzen eines grünen Granats (Grossular) vom *Wilui-Flusse.*

Diese Versuche zeigen, dafs jene Reduction des Eisenoxyds keineswegs eine allgemeine, sondern eine bis jetzt isolirt dastehende Erscheinung ist, welcher man keine richtige Deutung geben kann. Es wird aber von Interesse sein, wenn die Reduction des freien Eisenoxyds durch Wasserstoffgas bei anderen Granaten, in denen man noch nicht die Gegenwart des Magneteisens beobachtet hat, wiederholt würde.

Sehr häufig wird der Granat von Hornblende und Strahlstein begleitet. Das *Erzgebirge,* an mehreren Puncten, *Cornwall, Mähren, Tyrol* u. s. w., liefern viele Beispiele dieser Art.

Eine besondere Beziehung zeigt sich zwischen Granat und kohlensaurem Kalk. Nicht nur kommt jener im körnigen Kalk, besonders auf Kluftflächen vor, sondern er wird auch oft vom Kalkspath begleitet. Beispiele für jenes Vorkommen bieten: *Auerbach* an der *Bergstrafse*, wo er sich zwischen körnigem Kalk und Gneifs findet, *Zimapan* in *Mexico, Lindbo* in *Schweden* u. s. w. An letzterem Orte erscheint Kalkgranat, sowohl krystallisirt als derb und eingesprengt, in körnigem Kalk, im Glimmerschiefer und wird begleitet von Hornblende, Augit, magnetischem Eisensand und Quarz **). Der grüne Granat von *Sala* in *Schweden* kommt in einem Muttergestein von gewöhnlichem Kalk mit Krystallen von Kalkspath, Bleiglanz und Zinkblende vor ***). Der grünliche Granat von *Hesselkulla* ragt in kleinen Krystallen aus dem Kalk

*) A. a. O.

**) Hisinger in Schweigger's Journ. Bd. XXXVII. S. 431.

***) Bredberg ebendas. Bd. XXXVIII. S. 11.

hervor, der in die derbe Granatmasse eingesprengt ist. Eben so schiefsen aus der derben Masse und aus dem Kalkspath, der in ihm sitzt, kleine braune, zusammengehäufte Granatkrystalle hervor *). Mehrere Granaten, wie der Hessonit, der Kanelstein von *Malsjö*, sind mit kohlensaurem Kalk überzogen.

Im Kapitel vom Augit werden wir sehen, dafs sich der Augit in Granat, Hornblende und Magneteisen zersetzen kann, und dafs auch Kalkspath als gleichzeitiges Zersetzungsproduct erscheint. Das Zusammenvorkommen des Granats mit Hornblende, Magneteisen und Kalkspath ist daher nicht ohne Bedeutung.

Kann sich Granat aus Augit bilden, so gehört er nicht zu den primären Fossilien. Gleichwohl haben wir keinen Anstand genommen, ihm in diesem Kapitel eine Stelle anzuweisen; denn wenn diese Umwandlung auch stattfinden kann, und in mehreren basaltischen Gesteinen Granat wirklich vorkommt: so ist doch schwerlich anzunehmen, dafs er stets ein Zersetzungsproduct des Augits sei.

Dieser Umstand führt übrigens schon auf die Möglichkeit einer Bildung des Granats auf nassem Wege, und die folgenden Fundorte tragen nicht wenig bei, diese Möglichkeit zur Wirklichkeit zu machen. So kommt der Pyrop (rother Granat) zu *Meronitz* in *Böhmen* in einem thonigen Conglomerate mit Kalkspath, Quarz, Disthen, Chalcedon, Aragon und Eisenkies vor, und bisweilen schliefsen die Granatkörner Gypsspathkrystalle ein. Zu *Kalwala* in *Rufsland* finden sich zierliche Krystalle von Granat mit Hornblende, Blende und etwas Kupferkies im Kalkspath eingewachsen. Zwischen *Jänowitz* und *Rudelstadt* in *Schlesien* ist der Granat im Hornblendeschiefer vom Strahlstein und Malachit begleitet. Zu *Szaska* in *Ungarn* findet er sich mit Epidot, Kalkspath, Buntkupfererz und Kupferkies im Quarz. Zu *Sala* in *Schweden* trifft man ihn auf Gängen von Bleiglanz und körnigem Kalk im Gneifs; bisweilen sind die Krystalle in Bleiglanz eingewachsen. Am *Monzoniberg* in *Tyrol* erscheint er mit Chaba-

*) Trolle-Wachtmeister a. a. O.

sie, Epidot und Kalkspath als Ueberzug der Kluftflächen von Diorit.

Wenn zwar das Zusammenvorkommen der Granaten mit Fossilien, welche nur auf nassem Wege entstanden sein können, nicht unbedingt für ihre Entstehung auf diesem Wege spricht: so weifs man doch in der That nicht, wie man sich ihre Bildung in Erzlagerstätten als plutonische Erzeugnisse denken soll. Schliefsen sogar Granatkörner ein wasserhaltiges Fossil, Gypsspath, ein, so schwindet noch mehr die Vorstellung einer plutonischen Bildung, die sich auch nicht mit dem Vorkommen auf Kluftflächen, Drusenräumen und im sedimentären Gesteine, im Thonschiefer, einigen läfst.

Die Annahme einer früheren Existenz des Augits an Orten, wo wir jetzt den Granat finden, und wo es uns schwer wird, plutonische Bildungen anzunehmen, führt uns freilich nicht viel weiter, da nach allen bisherigen Erfahrungen der Augit zu den ursprünglichen und ohne Zweifel ausschliefslich plutonischen Erzeugnissen gehört.

Nicht minder sprechen für die Bildung auf nassem Wege die mancherlei Einschlüsse, welche man im Granat und besonders in den Thoneisengranaten antrifft. So fand G. Rose *) im Innern eines solchen Granats aus Chloritschiefer in der *Urenga* bei *Slatoust*, einen kleinen stark glänzenden Krystall von Eisenkies. Zu *St. Just* in *Cornwall* schliefsen zierliche Granatkrystalle, auf Hornblende auf- und eingewachsen, gleichfalls bisweilen Körner von Eisenkies ein.

Trolle-Wachtmeister **) fand in der zur Analyse des Granats von *New-York* genommenen Probe, der in einem, an Glimmer sehr reichen Glimmerschiefer vorkommt, Glimmer, welcher in kleinen glänzenden Puncten dem Steinpulver beigemengt war. Dieser Glimmer konnte wohl nur im Innern, vielleicht in Spaltungsflächen eingesprengt gewesen sein. In vielen Granatkrystallen (Almandin) aus *Ungarn*, die vollkommen auskrystallisirt und nicht viel über erbsengrofs waren, fand v. Kobell ***) beim Zerschlagen einen Kern, welcher

*) Reise Bd. II. S. 117.

**) A. a. O. S. 9.

***) Schweigg. Journ. Bd. LXIV. S. 289.

aus einer quarzigen mit schwarzen Glimmerschuppen gemengten Masse bestand. Mitten in einem frischen Granatkrystall waren auch deutliche Krystalle von Strahlstein eingewachsen, welches in Beziehung auf die Zersetzung des Augits in Granat und Hornblende von besonderer Bedeutung ist. Hefs *) analysirte einen Granat von *Pitkaranda*, dessen Absonderungsflächen Flusspathhäutchen überzogen hatten, und der von Kupferkies und Wernerit durchwachsen war.

Das Vorkommen der Granaten in Gesteinen, welchen wir nur eine Entstehung auf nassem Wege zuschreiben können, wie im Quarz, in Quarzgängen und im Hornfels, in krystallinischen, schiefrigen Gesteinen und im Serpentin, welche nur durch Metamorphosen auf nassem Wege entstanden sein können, deutet denselben Weg für ihre Entstehung an.

Auch das lagerartige Vorkommen des Granats unweit *Schwarzenberg* in *Sachsen* **) spricht dafür. Die Mächtigkeit dieses Lagers ist gewöhnlich 5 bis 8 Ellen, wovon man die obersten 3 bis 4 Ellen auf eine aus Magneteisen, Blende und Granat zusammengesetzte Schicht, die untersten 2 bis 4 Ellen auf Kalkstein rechnen kann. Bisweilen bildet der Granat für sich eine 4 bis 6 Zoll starke reine Lage zunächst unter dem Magneteisenstein, bisweilen liegt er derb, eingesprengt und drusig mitten unter den übrigen Fossilien. Manchmal hat er selbst ein tropfsteinartiges Ansehen, und in ihm findet sich bisweilen Quarz, theils derb, theils als Bergkrystall, theils als Amethyst.

Von dem *Teufelsteiner* Granatlager berichtet Naumann ***), dafs es dem Glimmerschiefer vollkommen parallel streicht, und meist aus Granat besteht. Mit ihm sind in Gesellschaft Pistazit, Hornblende, Strahlstein, Flufsspath, Quarz, Magneteisen, Eisenkies, Schieferspath, körniger Kalk und Erlan, welche, mehr oder weniger mit einander gemengt, 1 bis 3 Fufs mächtige Lagen zwischen dem Glimmerschiefer bilden, und auf diese Weise ein Schichtensystem von überhaupt 30 bis 40 Fufs Mächtigkeit zusammensetzen mögen. Der Gra-

*) Kastner's Archiv. Bd. V. S. 328.

**) Freiesleben geognost. Arbeiten Bd. V. S. 1 ff.

***) Erläuterungen u. s. w. H. II. S. 238.

nat ist jedoch vorherrschend und oft in selbstständigen reinen Lagen ausgeschieden.

Vom deutlichen, mit Albit und Hornblende gemengten Diorit zeigt sich ein allmäliger Uebergang in die mannichfaltigsten Modificationen von Hornblende- und Granatgestein, welche durch eine grofse Zahl besonderer Fossilien und Erze sehr auffallend characterisirt sind. In vielen Gruben kommt nämlich der Granat in Gesellschaft von Vesuvian, Hornblende, Strahlstein, Diopsid, Magnetkies, Eisenkies, Kupferkies, Arsenikkies, Bleiglanz, Blende, Zinnerz, Quarz, Gyps, Manganspath, Braunspath, Kalkspath, Flufsspath, Serpentin, Chlorit, Glimmer u. s. w. vor *).

Fürwahr, hier findet sich der Granat mit einer Sippschaft von Fossilien grofsen Theils von so reinem neptunischen Gepräge, dafs wahrlich nicht zu begreifen wäre, wie der Vulkan sich hätte Eintritt verschaffen können.

In grofsen Massen kommt auf den *Turjinschen* Kupfererzgruben bei *Bogoslowsk* Granatfels vor **). Die herrschende Gebirgsart in dieser Gegend ist ein Uebergangskalkstein, der von Diorit und Dioritporphyr gangartig und in solcher Menge durchsetzt wird, dafs der Kalkstein in den Gruben in mächtigen Lagen zwischen diesen Gesteinen erscheint. Nächst dem Diorit findet sich der Granatfels in ähnlichen Massen, und an der Grenze aller dieser Gesteine mit einander findet sich ein Thon, welcher die Kupfererze in geringen Lagen oder Nestern enthält. Der gelblichbraune Granatfels ist meist derb und nur an der Grenze mit dem Kalkstein krystallisirt. Kleine Adern von Quarz durchsetzen ihn häufig. Unter den, den Kalkstein durchsetzenden Massen scheint der Diorit die älteste zu sein, da er von den übrigen durchsetzt wird. An seiner Grenze mit dem Kalkstein scheint sich besonders der Granatfels gebildet zu haben, obwohl er auch ohne sichtbare Verbindung mit dem Kalk vorkommt. Er bildet Lagen, die man bis auf eine Länge von 130 Lachter verfolgt hat, und die zuweilen eine Mächtigkeit von 20 Lachter erreichen.

*) Ebendas. S. 222 ff.

**) G. Rose Reise. Bd. I. S. 400 ff.

Ueber die Bildungsart dieses Granatfels kann man nur einige Andeutungen wagen. Grofsartige Zersetzungen sind hier von Statten gegangen; diefs zeigt der Thon, in welchem die Kupfererze vorkommen, und der sich an der Grenze der Gesteine findet. G. Rose bemerkt selbst, dafs dieser Thon durch Zersetzung des Diorits sowohl, als auch des Dioritporphyrs und des Granats entstanden zu sein scheint. Wo sich die Kupfererze finden, sind sehr häufig die Gebirgsgesteine an den Rändern in Thon verändert; dagegen da, wo sich die Erze nicht finden, grenzen die Gebirgsarten unverändert an einander. Die Kupfererze finden sich am häufigsten an der Grenze des Kalksteins mit dem Granatfels, seltener an der des Diorits mit dem Granatfels, oder der des Dioritporphyrs und Kalksteins. Ihr Vorkommen unterscheidet sich sehr auffallend von dem gangförmigen der Erze in andern Ländern. Der sichtliche Zusammenhang, in welchem sie mit dem Diorit und Dioritporphyr stehen, macht ihr Vorkommen noch interessanter und wichtiger. Daher verdienen die *Turjinschen* Gruben aus diesem Grunde, wie auch wegen der grofsen Ausdehnung, die sie erlangt haben, eine ganz besondere Berücksichtigung. Dennoch ist unsere Kenntnifs von dem Vorkommen dieser Erze sehr lückenhaft.

So viel scheint unser Berichterstatter selbst zu fühlen, dafs an eine eruptive Entstehung genannter Kupfererze nicht zu denken sei; wenigstens spielt er nicht darauf an. Eine andere Ansicht ist gewifs nicht statthaft, als die, dafs der Thon die Kupfererze geliefert hat, und diefs führt dahin, den Ursprung derselben im Diorit und Granat zu suchen. Die bisherigen Analysen der Hornblende und des Albits, woraus der Diorit und Dioritporphyr besteht, weisen kein Kupfer nach. Ist dieses Metall wirklich in diesen Fossilien enthalten, so mufs es in aufserordentlich geringer Menge darin vorkommen. Daraus würde aber folgen, dafs ungeheure Massen Diorit zerstört worden sein müssen, um solche bedeutende Kupfererze, wie in den *Turjinschen* Gruben, zu liefern. So fand man, nach Pallas *), in früherer Zeit ein grofses Nest gediegenen Kupfers, aus welchem man viele hundert

*) Reise Bd. II. S. 234.

Pfund gefördert hat. Nach Hermann *) hat man ganze Strecken lang durch derben Kupferglanz getrieben, und jetzt noch findet sich Kupferkies in grofsen Massen. Eine Prüfung der Hornblende und des Albits im Diorit auf Kupfer und, wenn es vorhanden, eine quantitative Bestimmung desselben, würde von grofsem Interesse sein, weil daraus berechnet werden könnte, welche Quantität dieses Gesteins zersetzt werden mufste, um das Material zu einem Erzlager von gewisser Ausdehnung zu liefern.

Wo aber so bedeutende Massen Diorit der Zersetzung unterlagen, da konnte Material genug geliefert werden, um auch neue Gebirgsarten durch Umwandlungsprocesse zu bilden. Pseudomorphosen des Granats nach Hornblende sind zwar bis jetzt nicht bekannt. Da aber aus Augit Granat hervorgehen, und jener sich in Hornblende umwandeln kann, da überhaupt zwischen Augit und Hornblende eine grofse Aehnlichkeit in der Zusammensetzung stattfindet: so ist die Möglichkeit einer Umwandlung der Hornblende in Granat nicht zu bezweifeln. Und so wäre es denkbar, dafs bei dieser Umwandlung das Kupfer ausgeschieden wurde. Der Umstand, dafs die Kupfererze sich am häufigsten an der Grenze zwischen Kalkstein und Granatfels finden, würde dann auch seine richtige Deutung erlangen.

Eine Analyse der Hornblende im Diorit und Granatfels der *Turjinschen* Gruben würde darthun, welche Ausscheidungen hätten erfolgen müssen, wenn eine Umwandlung der Hornblende in Granat stattgefunden hätte. Dann könnte man vielleicht die Frage beantworten, ob der körnige Kalk, auf welchem ein mächtiges Kupferkies-Lager ruht, ein Zersetzungsproduct der Hornblende sei. Die kleinen Quarzkörner hier und da im Diorit zwischen dem Albit deuten auf eine noch jetzt stattfindende Zersetzung desselben und die noch kleineren Körner von Magneteisenerz lassen auf eine gleichzeitige Zersetzung der Hornblende schliefsen. Hiermit scheint im Zusammenhange zu stehen, dafs in einer andern Grube ein mächtiges Lager von Kupfererzen auf einem Quarzlager ruht,

*) Mineral. Beschr. des Uralischen Erzgeb. Bd. II. S. 86.

und dafs in der dortigen Gegend ein Magneteisenlager sich findet, in dessen Nähe man ebenfalls Kupfererze entdeckt hat.

Vergleichen wir das Vorkommen von Granat in den *Turjinschen* Gruben mit dem, in den Gruben bei *Schwarzenberg* in *Sachsen*: so kann nicht entgehen, dafs, bei aller Verschiedenheit der Verhältnisse, doch auch hier der Granat in Gesellschaft mit Hornblende, Strahlstein, Magneteisen und körnigem Kalk sich findet, und in ihm bisweilen Quarz erscheint. Hier wie dort mögen daher die Zersetzungsprocesse einen ähnlichen Character gehabt haben.

Am rechten Gehänge des *Presnitzthales* bei *Niederschmiedeberg*, wo ein dem Eklogit einiger Mafsen verwandtes Gestein in kleinen Felsen ansteht, kehren ähnliche Verhältnisse wieder. Dieses Gestein besteht aus Hornblende (zum Theil Augit) röthlichbraunem, eingesprengtem und derbem Granat, Quarz, Feldspath und etwas Kalkspath. Am rechten Gehänge der *Rückerswalder* Schlucht steht ein ungefähr 2 Lachter breiter Felsen von Hornblendegestein mit eingesprengtem Granat an. Ein diesem sehr ähnliches Gestein, welches aufser kleinkörniger Hornblende noch häufige grofse und kleine Körner von nelkenbraunem Granat und Kalkspathparthien enthält, fand Köhler auf einigen kleinen Halden am rechten Gehänge des *Presnitzthales* zwischen *Rückerswalde* und *Schindelbach* *).

Aufser dem Magneteisen stofsen wir wieder auf dieselben Begleiter des Granats. Es ist aber auch leicht zu begreifen, dafs, wenn dieser wirklich ein Zersetzungsproduct der Hornblende ist, Magneteisen ausgeschieden werden kann oder nicht, je nachdem die Hornblende sehr reich oder sehr arm an Eisenoxydul ist. Die Kalkerde in der Hornblende behauptet im Allgemeinen ein ziemlich constantes quantitatives Verhältnifs, während das Eisen zwischen Null und 30 Proc. schwankt. Sollte sich aus einer nicht sehr eisenreichen Hornblende ein Eisenthongranat bilden: so würde sich entweder aller Kalk oder doch der gröfste Theil desselben ausscheiden, und es würde sich also blofs kohlensaurer Kalk neben dem Granat finden. Doch genug des Hypothetischen. Vielleicht geben diese Andeutungen Veranlassung, diesen

*) Naumann Erläuterungen. Heft II. S. 101.

Gegenstand mineralogisch und chemisch weiter zu verfolgen und die vermutheten Zersetzungsprocesse entweder zu bestätigen oder zu widerlegen.

Die Granaten in Auswürflingen früherer Eruptionen am *Monte Somma* wird man unbedingt für vulkanische Erzeugnisse erklären. Zunächst beziehen wir uns auf unsere Bemerkungen hinsichtlich des ähnlichen Vorkommens des Wernerits (S. 405 und Anmerkung) und auf ältere Nachrichten und Ansichten *). Dann aber nehmen wir Veranlassung, hier überhaupt über die Entstehung der schön krystallisirten Fossilien zu sprechen, wovon die Umgebungen des *Vesuv's* so reich sind, und die in allen Thälern und Gräben am Fufse dieses Vulkans, wie des *Somma*, vorzüglich aber in der *Fossa grande* in Blöcken vorkommen, wo sie die Mineralogen gewöhnlich aufsammeln.

Leop. v. Buch **) hält diese Blöcke für wirkliche Auswürflinge, „denn" sagt er, „wie kämen sie sonst auf diese Höhe am steilen Abhange zwischen unläugbare Producte der Ausbrüche?" Auch will man Vesuviane selbst bei neuern Ausbrüchen gesehen haben ***). Kalksteine gehören wohl gewifs zu den Producten der Eruptionen unserer Zeit. Ihre grofse Menge auf der Oberfläche beweist es, wenn man von *Portici* gegen die Wohnung des Eremiten aufsteigt. Unter den *Bocche nuove* lag noch 1799 auf der Lava ein ansehnlicher Block von kleinkörnigem, glasigem Feldspath; einige Drusen voll prächtiger, durchsichtiger, tafelartiger Krystalle; die Drusen von Chlorit umgeben, dann Kalkspath. War der Block aus dem Krater dahin geworfen? Aber, wenn auch noch jetzt einige dieser sonderbaren Producte ausgeworfen werden: so steht ihre Menge doch in keinem Verhältnisse mit denen, wie man sie an den steilen Abstürzen der *Fossa grande*, in der Nähe des Lavastroms von 1767 sieht. Wie in einem Conglomerate liegen sie durch einander mit Leucitlaven und Aschen: die Hornblenden, die Vesuviane, die Granaten, die Kalksteine. Schwarze Hornblende

*) Breislak's Geol. Bd. I. S. 561.

**) v. Leonhard's Taschenb. Bd. XVIII. 2. S. 194.

***) de Bottis Istoria 1760. p. 34.

und bräunlichrother Granat häufig im verworrenen, kleinkörnigen Gemenge, und dieser in Höhlungen als prächtige Drusen mit den unzähligen Facetten des auf allen Kanten abgestumpften Dodecaëders, mit weifsem Kalkspath und Quarzkörnern dazwischen: ein Gemeng, was recht auffallend an das Gestein der sogenannten Hyacinthen von *Dissentis* erinnert. Andere Stücke von kleinkörnigem Chlorit, darauf drusiger, gelber Granat, darauf weifser Quarz, dann völlig durchsichtige Vesuviane; auf letzteren noch wohl zuweilen Nephelin. — Auch Quarzdrusen in langen braun überzogenen Säulen. — Und unter allen diesen, nur im Urgebirge einheimischen Stücken auch nicht ein einziges von einer wahren Gebirgsart. Noch nie hat man ein Granitstück oder Glimmerschiefer gefunden. — In der That hätten wir doch Glimmerschiefer in grofser Menge erwarten sollen, da alle jene Fossilien, aufser Nephelin und Vesuvian, auf Lagern im Glimmerschiefer nicht selten sind.“ So weit von Buch.

L. A. Necker *) bemerkt, er habe den Gründen der Ansicht, dafs die in Rede stehenden Geschiebe aus dem Schlunde des Vulkans ausgeschleudert worden seien, vergebens nachgeforscht, und in der Geschichte der Ausbrüche kein einziges glaubhaftes Zeugnifs gefunden, wodurch ein solches Entstehen jener Producte wahrscheinlich gemacht werden könnte. Der *Vesuv* scheine niemals Laven von dieser Beschaffenheit ausgespieen zu haben. Die Structur und die Form der Schlacken und schlackenartigen Laven, welche dieser Vulkan von sich geschleudert, und von denen er grofse Blöcke, die wenige Stunden zuvor erst ausgeworfen worden waren, zu untersuchen Gelegenheit hatte, waren von durchaus verschiedenem Ansehen. Dagegen habe er unter den zahlreichen Geschieben, zwischen *Resina* und der Einsiedelei von *St. Salvadore*, eine grofse Menge Gebirgsarten angetroffen, welche den porösen leucithaltigen Laven des *Somma* gleichen, und ebenfalls sehr viele andere dichte Laven, in Natur und Art des Gemenges vollkommen denjenigen ähnlich, welche

*) Ueber den *Monte-Somma*, deutsch bearbeitet von Nöggerath und Pauls in deren Sammlung von Arbeiten ausländischer Naturforscher über Feuerberge u. s. w. 1825. Bd. II. S. 181 ff.

die Gänge dieses Berges ausfüllen. In diesen Geschieben oder Blöcken habe er öfter kleine mit Nephelin und Mejonit ausgefüllte Drusen gefunden, was ihn vermuthen läfst, dafs die zerstreuten Stücke, in denen sich die schönen vulkanischen Fossilien isolirt und von der Gangart getrennt vorfinden, ursprünglich in ähnlichen Laven eingeschlossen waren, und dafs dieselben durch atmosphärische Gewässer an ihre gegenwärtige Fundorte geschwemmt worden seien. Die abgerundeten Massen kohlensauren Kalks, welche die schönen Mejonit-Drusen umschliefsen, scheinen zum *Apenninen*-Kalksteine zu gehören, welcher, wie Necker andeutet, von der, die Gangspalten des Kegels durchströmenden Lava losgerissen und fortgeführt worden sein möchte. Was die Bildung dieser Mejonite betrifft, so verweisen wir auf das Frühere (S. 406).

Nöggerath sucht Beweisgründe gegen Necker's Ansicht beizubringen, indem er sich auf die Auswürflinge bezieht, welche sich am Rande des *Laacher-See's* finden, und deren Kugelform keineswegs absolut auf eine durch Wassergewalt veranlafste Abreibung deuten möchte.

Für die in Rede stehende Frage, ob die Vielzahl der ausgezeichneten Fossilien in der *Fossa grande* vulkanische Producte sind oder nicht, ist es gleichgültig, ob die Blöcke, in denen sie sich finden, ausgeworfen wurden, oder ehemals in Ganglava eingeschlossen waren.

Halten wir uns genau an v. Buch's Beschreibung, und nehmen wir für einen Augenblick an, die Fossilien in den Blöcken seien im Krater auf vulkanischem Wege erzeugt worden: so stofsen wir sogleich auf die Schwierigkeit, dafs die Granaten u. s. w. im Gemenge mit Kalkspath und Chlorit, mithin mit Fossilien vorkommen, die unmöglich auf diesem Wege entstanden sein können. Wenn auch die vulkanische Schule durch Druck die Kohlensäure im Kalkspath und das Wasser im Chlorit zurückhalten läfst: so könnten diese flüchtigen Stoffe doch nur so lange gebannt bleiben, als die Blöcke sich im vulkanischen Heerde unter hohem Drucke befänden. In dem Augenblicke dagegen, wo sie, aus dem Krater geschleudert, unter den einfachen Luftdruck kämen, würde das Hydratwasser des Chlorits entweichen, wenn sie auch nur Siedhitze hätten. Da sie aber im glühenden Zustande ausgewor-

fen werden, so müfste auch die Kohlensäure des Kalkspaths entweichen. Kalkspath und Chlorit können daher nicht im Krater auf feuerflüssigem Wege erzeugt worden sein. Ebenso wenig können die Quarzkörner zwischen den Granatdrusen und die Quarzdrusen in langen Säulen solche Erzeugnisse sein; denn in der Schmelzhitze würde sich die Kieselsäure mit dem Kalk zu einem Silicat verbunden haben.

Da die späteren Beobachtungen darthun werden, dafs Kalkspath, Quarz und Chlorit Zersetzungsproducte des Granats sein können: so dürfte man diese Fossilien in den Blökken, im Gemenge mit Granat, gleichfalls für solche halten. Es ist nur damit nicht zu einigen, wie auf dem Quarz Vesuviane sitzen können; denn was von der Bildung dieses Fossils gilt, hat auch Bezug auf die des Granats. Ueberdiefs ist der Umstand, dafs der von Trolle-Wachtmeister *) analysirte Kalkgranat vom *Vesuv*, womit Sodalith in gröfseren oder kleineren Körnern zusammengewachsen und auch aderförmig eingesprengt war, in sehr frischem Zustande erschien, und dafs auch die Basen in dem, der Sättigungscapacität der Kieselsäure entsprechenden Verhältnisse gefunden wurden, der Voraussetzung, als seien Kalkspath und Quarz Zersetzungsproducte des Granats, nicht günstig.

Die vulkanische Schule würde demnach gezwungen sein, wenigstens die Bildung des Kalkspaths, des Quarzes und des Chlorits für eine spätere, nach dem Auswurfe der Blöcke, zu halten, wenn sie die Granaten, die Vesuviane u. s. w. für Erzeugnisse im Krater des Vulkans halten wollte.

Sollte Necker's Ansicht, dafs die Blöcke einst in Lava eingeschlossen gewesen wären, die richtige sein: so könnte man die gedachten Granaten, Vesuviane u. s. w. für Bildungen während langsamer Erstarrung der Lava halten; aber auch dann müfsten Kalkspath, Quarz und Chlorit später gebildet worden sein, da auf die, in der Atmosphäre erkaltende Lava nur der einfache Luftdruck wirken könnte. Vielleicht geht indefs die vulkanische Schule so weit, die Granaten und Vesuviane in den Blöcken gleichfalls während ihrer langsamen Abkühlung entstehen zu lassen. In hausgrofsen Blöcken,

*) A. a. O.

deren Erstarrung einen sehr langen Zeitraum fordert, möchte etwa eine solche Bildungsart zu denken sein; gewifs aber nicht in sogenannten vulkanischen Bomben, deren Erkaltung in ganz kurzer Zeit, in wenigen Stunden, erfolgt. In diesem Falle würden wenigstens, nach den unten angeführten Beobachtungen v. Kobell's, nicht auf allen Kanten abgestumpfte Dodecaëder, sondern Octaëder entstanden sein.

Wollte man endlich diese Bomben für abgerissene Fragmente alter Laven halten, deren Erstarrung im Innern des Vulkans von statten gegangen wäre, und wobei sich Granat und Vesuvian u. s. w. gebildet hätten: so würde diese Ansicht, dem Wesentlichen nach, mit derjenigen übereinstimmen, welche diese Fossilien in den ausgeflossenen Laven während ihrer Erstarrung entstehen läfst. Hätte sich auch Kalkspath und Chlorit, nach gänzlicher Erkaltung solcher Lavamassen, in jenen Räumen bilden sollen: so würden sich diese Fossilien wieder zersetzt haben, wenn das vulkanische Feuer zur Zeit des Auswurfes solcher Massen eine Wiedererhitzung bewirkt hätte. Da sich aber gedachte Fossilien in Gesellschaft mit Granaten und Vesuvianen finden: so mufs von dieser Vorstellung abstrahirt werden. Es bliebe daher nur die Annahme einer späteren Bildung des Kalkspaths und Chlorits auf nicht vulkanischem Wege übrig, wie man sich auch die frühere der Granaten und Vesuviane denken möchte.

Diejenigen, welche die Blöcke mit ihren prächtigen Drusen an Ort und Stelle untersucht haben, mögen übrigens beurtheilen, und sich erinnern, ob nicht, wenn dieselben als Auswürflinge mit einer grofsen Fallgeschwindigkeit angekommen sein sollten, der gewaltige Stofs, den sie bei ihrem Niederfallen erlitten hätten, ein, wenigstens theilweises Zerschmettern jener Krystalldrusen bewirkt haben würde, und ob Zeichen einer solchen Zerschmetterung sich in ihnen finden.

Die Entstehung der Blöcke in der *Fossa grande* fällt jeden Falls in eine vorhistorische Zeit, mögen sie Auswürflinge, was wohl am wahrscheinlichsten ist, oder hergeschwemmte Lavamassen sein. Die Bildung der darin enthaltenen Fossilien kann daher nicht weniger in Verlegenheit setzen, als etwa die Bildung der Granaten im Thonschiefer. Wir haben

Fundorte der Granaten kennen gelernt, wie der eben genannte welche sich mit der Vorstellung einer Bildung auf feuerflüssigem Wege durchaus nicht einigen lassen. Entweder entstanden sie daher aus Gewässern, welche ihre Bestandtheile aufgelöst enthielten, oder durch Umwandlungsprocesse auf nassem Wege. Wir treffen in jenen Blöcken Granaten in einer Gesellschaft, in der wir ihnen im Mineralreiche so häufig begegnen: mit Augit, Hornblende, Kalkspath, Quarz und Chlorit. Wenn nun, wie schon bemerkt wurde, der Augit in Granat, Hornblende und Magneteisen zersetzt werden kann, und auch Kalkspath als gleichzeitiges Zersetzungsmittel erscheint (S. 457), warum sollte man nicht in jenen Blöcken eine Wiederholung der Processe vermuthen, wie sie an vielen andern Stellen in ähnlichen Gesteinen stattgefunden haben? —

Jede Thatsache, welche die Wahrscheinlichkeit solcher Vermuthungen erhöht, mufs uns willkommen sein. Daher beziehen wir uns auf eine Mittheilung v. Leonhard's *), dafs in manchen feinkörnigen Doleriten des *Kaiserstuhles*, aus denen der Augit mehr zurückgetreten ist, schwarzer Granat hin und wieder in gröfster Häufigkeit erscheint. Die Krystalle sind klein, nur äufserst selten von 5 Linien Durchmesser, ringsum ausgebildet und mit dem Gesteine mehr und weniger innig verwachsen.

Unsere vorstehenden Bemerkungen dürften wohl zu der Ueberzeugung führen, dafs aus dem Vorkommen der Granaten, Vesuviane u. s. w. in den Blöcken des *Somma* eben so wenig zu Gunsten ihrer vulkanischen Bildung geschlossen werden könne, als aus einem ähnlichen Vorkommen derselben in anderen Gesteinen, wie z. B. in dem eben erwähnten Dolerite, im Basalte, oder in Blöcken des *Laacher-See's* **). Nur

*) Die Basaltgebilde. Abth. I. S. 197.

**) Nach Nöggerath kommen daselbst Granaten in zersplitterten kleinen Krystallen von sehr schön hyacinthrother Farbe im Gemenge mit Cordierit und in glasigem Feldspath eingewachsen vor. Auch Glimmer findet sich in dem oft sehr innigen Gemenge des Cordierits mit glasigem Feldspath, was in Beziehung auf die Umwandluug des Cordierits in Glimmer nicht ohne Bedeutung ist. Das Gebirge in Rheinland-Westphalen. Bd. III. S. 286.

dann würden solche Schlüsse Beweiskraft haben, wenn man in einer Lava, unmittelbar nach ihrem Erkalten, jene Fossilien fände. Auf die oben mitgetheilte Angabe in einem vor 88 Jahren geschriebenen Werke, dafs man Vesuviane selbst bei neuen Ausbrüchen gesehen haben will, können wir kein grofses Gewicht legen; denn es würde, selbst die Richtigkeit dieses Vorkommens vorausgesetzt, doch nur eine Schwalbe sein, welche den Frühling ankündigte. Ist auch der Vermuthung etwas entgegenzusetzen, dafs solche Vesuviane secundäre Bildungen in Laven oder Auswürflingen von viel früheren Eruptionen sein könnten, welche von den Massen späterer Eruptionen eingehüllt und fortgeführt worden wären? — Sollte es uns gelingen, im nächsten Kapitel den Beweis zu führen, dafs auch der Glimmer in vulkanischen Producten des *Vesuvs* nichts weniger, als eine Bildung auf feuerflüssigem Wege sei: so würde auch die letzte Stütze ultravulkanischer Ansichten fallen.

Wir kehren zu den Granaten zurück und suchen weitere Beweise für ihre Bildung auf nassem Wege in ihrem Verhalten zu den Säuren, nach vorhergegangenem Glühen oder Schmelzen.

Die Granaten werden von Salzsäure nur unvollständig zersetzt; einige Arten können indefs durch Kochen mit der Säure eine vollkommene Zersetzung erleiden, wobei sich die Kieselsäure pulverförmig abscheidet. Nach starkem Rothglühen hingegen werden die Kalkgranaten von der Säure leicht zersetzt und bilden eine Gallerte; die übrigen müssen zu diesem Zwecke bis zum anfangenden Schmelzen geglüht, oder selbst geschmolzen werden *).

Die Ursache dieser Erscheinung glaubt v. Kobell darin zu finden, dafs mit Aufhebung des krystallinischen Zustandes durch Schmelzen auch die Attractionskraft der Bestandtheile des Granats aufgehoben werde.

Dagegen ist zu erinnern, dafs, nach v. Kobell's eigenen Versuchen, mehrere Granaten, wie die von *Schwarzenberg*, von *Franklin* in *New-Jersey* u. s. w. in der Rothglühehitze nicht nur nicht schmolzen, sondern sich überhaupt

*) v. Kobell in Kastner's Archiv. Bd. V. S. 165. u. Bd. X. S. 15.

nicht merklich veränderten, und doch, nach dem Glühen, mit Salzsäure eine Gallerte bildeten. Kann man von diesen annehmen, dafs der krystallinische Zustand aufgehoben worden sei?

Die Sache hat aber noch eine andere Seite. Sollten die Granaten auf plutonischem Wege entstanden sein: so würde man von denjenigen, welche nach dem Schmelzen durch Säuren aufschliefsbar werden, eine solche Bildung begreifen können, da durch Schmelzen und schnelles Erkalten die krystallinische Bildung zerstört wird. Wie soll aber ein auf plutonischem Wege gebildetes, und durch Säuren nicht zersetzbares Fossil dadurch zersetzbar werden, dafs man es bis zu einem Hitzgrade erhitzt, wobei sein krystallinischer Zustand nicht zerstört wird? Der bis dahin erhitzte Granat würde einst demselben Hitzgrade als fester krystallisirter Körper ausgesetzt gewesen sein; denn während seiner Abkühlung hätte er nothwendig auf den Temperaturgrad kommen müssen, auf welchen er künstlich gebracht wird. Kein anderer Unterschied könnte gedacht werden, als dafs bei seiner Bildung die Abkühlung von diesem Temperaturgrade an äufserst langsam erfolgt wäre, während sie bei künstlicher Erhitzung äufserst rasch von Statten geht. Sollte aber ein solcher Unterschied in der Zeit der Erkaltung eines Mineralkörpers eine solche chemische Verschiedenheit bedingen können, dafs der langsam erkaltete nicht, wohl aber der schnell erkaltete von Säuren zersetzt wird? —

Berzelius *) scheint die richtige Erklärung der Zersetzbarkeit des geglühten Granats durch Säuren gefunden zu haben. Granat und Vesuvian enthalten, sagt er, Kieselsäure in der unlöslichen Modification; sie lassen sich daher durch Säuren nicht zersetzen. Werden sie aber bis zum Schmelzen erhitzt, so geht die Kieselsäure durch den Einflufs der überschüssigen stärkeren Basen in die lösliche Modification über, und das gepülverte Glas läfst sich dann auf nassem Wege durch stärkere Säuren zersetzen. Das specifische Gewicht des Glases hat sich in Folge des Uebergangs der Bestandtheile in die lösliche Modification vermindert. Der Um-

*) Lehrb. der Chemie. 5te Aufl. Bd. III. S. 484.

stand, dafs der geschmolzene Granat in Säuren löslich wird, zeigt, dafs die Löslichkeit der (Kalk- und Thonerdehaltigen) Zeolithe in Säuren nicht von ihrem Wassergehalte abhängt. Werden diese stark geglüht, so gehen sie in Folge der überwiegenden Menge von Kieselsäure in die unlösliche Modification über, und lassen sich dann nicht mehr durch Säuren zersetzen.

Diese Erklärung befriedigt und man befreundet sich um so mehr mit ihr, je mehr man verwandte Erscheinungen in ihren Bereich zieht. Im Glase waltet die Kieselsäure vor; daher wird es nicht von Säuren angegriffen. Schmilzt man es aber mit einer entsprechenden Menge Alkali, so wird, da nun dieses vorwaltet, die erkaltete Masse von Säuren zersetzt. Es ist nicht zu erwarten, dafs diese geschmolzene Masse, wenn sie auch noch so langsam erkaltet, unangreifbar von Säuren werden sollte.

Wie der Granat, so verhalten sich auch verschiedene Thonarten, welche sich in Säuren nicht, oder doch nur schwierig auflösen; aber, nach vorhergegangenem Glühen, darin aufgelöst werden. Daher pflegt man, bei der Fabrication des Alauns aus Thon und Schwefelsäure, jenen vor seiner Behandlung mit Schwefelsäure zu glühen. Der Diaspor, ein Thonerdehydrat, ist in Schwefelsäure unauflöslich, wird aber darin auflöslich, wenn das Wasser durch Glühen fortgetrieben wird *). Hier haben wir recht auffallende Beispiele, wie unstreitbar auf nassem Wege entstandene Fossilien, nach dem Glühen und nach Verlust ihres Hydratwassers, zersetzbar durch Säuren werden. Diefs erklärt auch, warum beim Granat nicht immer ein Schmelzen nöthig ist, um ihn zersetzbar durch Säuren zu machen, wenn nicht schon das Aufschliefsen alkalischer Fossilien durch Baryt, wobei gleichfalls keine Schmelzung eintritt, darthäte, dafs blofs das Glühen die Umwandlung der Kieselsäure in die lösliche Modification bewirken könne.

Nicht befremden kann es auf der anderen Seite, dafs in

*) Damour im Jour. für pract. Chemie. Bd. XXXVII. S. 491. Dafs der Epidot in dieselbe Kategorie gehöre, davon war schon oben (S. 416) die Rede.

Wasser lösliche Silicate beim Krystallisiren in die unlösliche Modification übergehen können, da die Kieselsäure für sich denselben Uebergang macht, wie die kieseligen Bildungen in Gängen, Drusenräumen u. s. w. genügend zeigen.

Beim Augite ist es einerlei, ob er im ungeschmolzenen oder geschmolzenen Zustande den Säuren ausgesetzt wird. Da manche Augite manchen Granaten in ihrer Zusammensetzung ziemlich ähnlich sind: so erscheint es in der That sehr auffallend, warum nicht auch jene durch Glühen oder Schmelzen zersetzbar durch Säuren werden. Gerade aber dieses verschiedene Verhalten erscheint uns als ein sehr gewichtiger Beweis für ihre verschiedene Entstehungsart. Ist der Augit, wie wenigstens von dem in der Lava nicht zu zweifeln ist, eine plutonische Bildung: so kann ein künstliches Glühen oder Schmelzen nichts in dem isomerischen Zustande der Kieselsäure ändern. War sie daher bei der ursprünglichen Bildung dieses Fossils auf feuerflüssigem Wege in der unauflöslichen Modification vorhanden: so ist nicht einzusehen, wie sie beim künstlichen Schmelzen in die lösliche Modification übergehen sollte. Aber eben defshalb, weil die Kieselsäure im Granat durch Glühen oder Schmelzen in die lösliche Modification übergeht: so müfste man schliefsen, dafs wenn er eine plutonische Bildung wäre, die Kieselsäure auch in der, im natürlichen Feuer geschmolzenen Masse in der löslichen Modification existirt habe, aber bei langsamer Erstarrung und Erkaltung in die unlösliche Modification übergegangen sei; dafs dagegen bei schneller Erkaltung das Umgekehrte erfolge. Diefs ist jedoch in völligem Widerspruche mit der künstlichen Bildung der Silicate zu Glas. Dieses bildet sich durch schnelle Erstarrung und die Kieselsäure findet sich in ihm in der unlöslichen Modificaton; denn je vollkommner die Verglasung, desto weniger wird das Glas von Säuren angegriffen.

Es wurde vorhin schon angedeutet, dafs sich das specifische Gewicht des Granats durch Schmelzen vermindert. Diese Verminderung beträgt, nach Magnus *), fast $\frac{1}{5}$ seines ursprünglichen specifischen Gewichts. Wir werden übrigens

*) Poggend. Annal. Bd. XXII. S. 391.

später sehen, dafs wahrscheinlich alle krystallisirten Fossilien eine solche Verminderung durch Schmelzen erleiden; nur dafs bei den sehr strengflüssigen der Versuch schwierig anzustellen ist.

Als v. Kobell *) Granat (Melanit) von *Frascati* in einem Platintiegel schmolz, zeigten sich auf der Oberfläche des schwärzlich grünen, theilweise porösen Glases und im Innern an manchen Stellen kleine Krystalle. Die gröfseren waren Octaëder, deren Flächen sehr zart, theils in einer Richtung parallel mit einer Kante gestreift waren, theils eine gestrickte Oberfläche hatten. Mehrere hatten eingesunkene Flächen, so dafs sie gleichsam das Skelet eines Octaëders darstellten. Einige Drusenräume waren bedeckt mit einer Menge kleiner Krystalle, an welchen vorzüglich eine hexagonale, gestreifte Fläche zu erkennen war. Der Mittelpunct dieser Fläche war zum Theil zu einer sehr stumpfen Ecke hervorgehoben, wo die gestreiften Dreiecke eine Art von hexagonaler Pyramide bildeten. Diese sonderbaren Krystalle schienen aus einer Verbindung mehrerer Octaëder nach einem bestimmten Gesetze entstanden zu sein. Obwohl Octaëder in der Krystallreihe des Granats möglich sind, so hat man sie doch in der Natur bis jetzt nicht beobachtet. Diese Krystallisation des geschmolzenen Melanits scheint daher, meint v. Kobell, auf eine veränderte Anordnung der Bestandtheile und auf die darauf sich gründende Empfänglichkeit für die Einwirkung von Säuren hinzudeuten. Er erinnert an die auffallende Uebereinstimmung dieser Krystalle mit denen, welche Klaproth **) vom Vesuvian vom *Vesuv* erhielt, als er denselben im Kohlentiegel der Hitze des Porcellanofens ausgesetzt hatte. Der Vesuvian war nämlich zum dichten klaren, stark glänzenden, fast farblosen Glase mit einer etwas trüben und aus sehr kleinen, niedrigen, mit 4 dreiseitigen, höchst feingestreiften Flächen zugespitzten Erhöhungen versehenen, drusigen Rinde geschmolzen.

Man sieht, dass aus geschmolzenem Granat und Vesuvian, selbst bei rascher Erstarrung, krystallinische Bildungen

*) Schweigg. Journ. Bg. LXIV. S. 291.

**) Beitr. Bd. I. S. 34.

entstehen können. Entsprächen diese Krystalle denjenigen Formen, in welchen der Granat vorkommt: so würde die Möglichkeit seiner plutonischen Bildung entschieden dargethan sein. Da aber die auf jenem Wege erhaltenen Krystallformen, wenn sie auch in der Krystallreihe des Granats möglich sind, im Mineralreiche nicht vorkommen: so ist nicht wohl zu begreifen, wie die wirklich vorkommenden Formen auf feuerflüssigem Wege entstanden sein sollten. Den Plutonisten bliebe, um die plutonische Bildung der Granaten zu retten, nichts anderes übrig, als anzunehmen, dafs eine feuerflüssige Masse, bei sehr langsamer Erstarrung, in andern Formen krystallisire, als bei schneller *).

Zersetzungen des Granats.

Von den Thonkalk- und Eisenkalkgranaten ist, wegen ihrer Kalksilicate, schon im voraus eine leichte Verwitterung zu erwarten. Ist in ihnen das Eisen ganz oder grösseren Theils als Oxydul vorhanden, so wird durch dessen höhere Oxydation gleichfalls die Zersetzung begünstigt. Die Streifung der Krystallflächen, besonders gewisser**), ihre Rauhig-

*) Studer (Lehrb. d. physikal. Geographie und Geologie Kap. II. S. 121) führt an: Granat und Vesuvian seien theils durch Schmelzung aus ihren Elementen dargestellt, theils in Schlacken von Hohöfen aufgefunden worden. Wer diese Beobachtungen und Versuche gemacht und angestellt hat, ist nicht angegeben.

**) Es ist nicht blofs beim Granat, sondern auch bei anderen Fossilien der Fall, dafs gewisse Flächen vor andern durch die Verwitterung angegriffen werden. Die Hauptursache dieser Verschiedenheit dürfte wohl darin zu suchen sein, dafs Krystallflächen, welche von Theilungsflächen geschnitten werden, mehr zur Zersetzung geneigt sein müssen, als andere Krystallflächen, welche mit den Theilungsflächen mehr oder weniger gleichlaufend sind; denn dort haben die Gewässer bei weitem mehr Gelegenheit anzugreifen und einzudringen, als hier. Es ist dasselbe Verhältnifs in kleinem Maafsstabe, wie bei den schiefrigen Gesteinen in Grofsen; denn gehen die Schieferungsflächen zu Tage aus, so verwittern sie viel leichter, als wenn sie eine horizontale Lage haben. Aber auch eine unvollständige Ausbildung der Krystalle, rauhe gestreifte oder drusige Oberflächen, müssen die Zersetzung mehr oder weniger begünstigen, theils

keit, eingefressene Löcher, die mit Zersetzungsproducten erfüllt sind, begünstigen die Verwitterung und zeigen ihren Anfang an. Verlust des Glanzes, der Härte und Verminderung des specifischen Gewichts sind weitere Zeichen derselben. So beschreibt Breithaupt *) einen schwärzlichgrünen Aplomgranat aus der Gegend von *Schwarzenberg*, der an der einen Seite noch ganz frisch war und mit dem Stahle Funken schlug, dagegen nach der andern Seite hin in ein halbhartes, bis weiches Fossil überging, welches nur noch das specifische Gewicht 2,775 hatte, während das des unveränderten Aploms zwischen 3,65 und 3,85 fällt. Der lebhafte Glanz des Uwarowits (Chromkalkgranat) verschwindet durch Verwitterung bis fast zum Glanzlosen, wobei das specifische Gewicht von 3,418 bis zu 2,969 herabsinkt.

Im Granit zu *Alabaschka* bei *Mursinsk* **) kommen Granaten vor, welche bluthroth und stark durchscheinend sind, wenn sie ganz frisch sind, was gewöhnlich bei den ganz eingewachsenen Krystallen der Fall ist; sind sie aber nur zum Theil eingewachsen, so erscheint da, wo sie aus dem umliegenden Gesteine hervorragen, durch anfangende Zersetzung die Oberfläche schwarz. Finden sie sich mit Albit verwachsen, so ist auch dessen Oberfläche schwarz gefärbt oder mit schwarzen Dendriten bedeckt.

Ueber Verwitterung des Granats von *Arendal* theilt G. Leonhard ***) einige interessante Verhältnisse mit. Die äufsere Rinde derselben ist grün, stark verwittert; im Innern hingegen findet sich ein Kern von rother frischer Farbe. Ein Granatkrystall, ein entkantetes Rautendodecaëder von ziemlich bedeutender Grösse, rauh, zerfressen und sehr stark verwittert, ist im Innern mit theils krystallisirtem, theils nadel-

dadurch, dafs vollkommene Krystalle den Auflösungs- und Zersetzungsmitteln überhaupt mehr widerstehen, als unvollkommene, theils dafs rauhe Oberflächen die Berührungspuncte vermehren. Es ist sehr zu wünschen, dafs Mineralien-Sammler, durch deren Hände viele Mineralien gehen, auf diese ungleichen Verwitterungsverhältnisse ihre Aufmerksamkeit richten mögen.

*) Poggend. Ann. Bd. LX. S. 594.

**) G. Rose Reise. Bd. I. S. 452.

***) N. Jahrb. 1841. S. 75.

förmigem Wernerit und Epidot angefüllt. Die nicht vollendete Ausbildung dieser beiden Fossilien ist kaum zu verkennen.

Aufser den oben (S. 458) erwähnten Einschlüssen von Fossilien, die den Granaten ganz fremd sind, giebt es noch andere nicht geradezu sichtbare Einmengungen, auf deren Gegenwart man nur aus äufsern Kennzeichen, aus matten Farben, die man oft auf den Flächen der ausgezeichnetsten Krystalle wahrnimmt, schliefst. Trolle-Wachtmeister*) schreibt sogar den Granaten eine ausgezeichnete Neigung zu, in ihre chemische Constitution fremde Verbindungen aufzunehmen. Karsten**) glaubt, diesen häufigen fremdartigen Beimengungen, wovon die Krystalle bei aller Sorgfalt nicht zu befreien sind, die bei seinen zahlreichen Granat-Analysen meist vermifste Uebereinstimmung zwischen dem Sauerstoffgehalte der Kieselsäure und der Basen zuschreiben zu müssen.

Die oben bemerkte leichte Zersetzbarkeit der Granaten, wovon das Folgende noch viele Beispiele darbietet, überhebt uns, mit weiteren Gründen zu belegen, dafs solche nicht sichtbare, fremdartige Beimengungen nichts anders, als Zersetzungsproducte dieser Fossilien sind.

Wiegleb***) war der erste, welcher, bei Behandlung des grünen Kalkgranats vom *Teufelstein* bei *Schwarzenberg* mit Salzsäure, ein merkliches Aufbrausen wahrnahm. Er bestimmte die Menge der fixen Luft (und des Wassers) zu 3,96 Proc. Bucholz †) fand gleichfalls in einem braunen Kalkgranat von der Grube *Johannes*, unweit *Schmiedefeld* im *Thüringerwald*, 4,25 Proc. Kohlensäure und Wasser, wovon jene durch Salzsäure entwickelt wurde. Trolle-Wachtmeister ††) bemerkte ein mehr oder weniger merkliches Aufbrausen bei den Kalkgranaten von *Langbanshytta* (gelber), von *Hesselkulla* (grünlicher und brauner) und von *Arendal* (schwarzer). Säuren lösten letzteren nicht auf, zogen aber bei längerer Digestion Kalk aus, der wahrscheinlich einem nicht

*) a. a. O.

**) a. a. O.

***) Crell's chem. Ann. 1788. B. I. S. 201.

†) Gehlen's n. Journ. B. IV. S. 172.

††) Poggend. Ann. B. II. S. 1 ff.

sichtbar eingesprengten Kalkspath angehörte. Dieser Granat kommt auch in derben, mit Kalkspath eingesprengten Stücken vor, aus denen Krystalle hervorragen, die meist zusammen und auf einander sitzen, ohne Drusen zu bilden. Trolle-Wachtmeister bemerkt, dafs möglicher Weise aufser dem Kalkspath auch Kalksilicat eingemengt sein könne, und erklärt hieraus den, wiewohl nicht bedeutenden Ueberschuss, der im ersten Gliede der Formel entsteht, wenn man den Sauerstoff des ganzen Kalkgehaltes den übrigen dahin gehörigen Basen hinzurechnet.

Dieser Chemiker bemerkt ferner, dafs sich, wenn man die Sauerstoffquantitäten der Kieselsäure mit denen der Basen vergleicht, ein kleiner Ueberschufs herausstellt: so bei den Eisengranaten von *Engsö* *), von *New-York*, von *Hallandsäs* und von *Halland*, und bei dem schwarzbraunen Kalkgranat von *Arendal*. Ganz besonders auffallend zeigt sich diefs beim Eisengranat von *Klemetsaune* in *Norwegen*. Die Analyse lieferte:

Kieselsäure	52,107	hält Sauerstoff 26,20	
Thonerde	18,035		8,42
Eisenoxydul	23,540		5,36
Kalkerde	5,775		1,62
Manganoxydul	1,745		0,39
	101,202		15,79

Diese grofse Quantität Kieselsäure, sagt Trolle-Wachtmeister, macht es unmöglich, die Resultate der Analyse von diesem Granat auf eine Art zu berechnen, die mit der theoretischen Ansicht von der Zusammensetzung der Granaten übereinstimmt, wonach die Sauerstoffquantitäten der Basen gleich sind dem Sauerstoff der Kieselsäure. In der Vermuthung, es habe irgendwo ein Mifsgriff stattgefunden, wiederholte er diesen Versuch, so wie auch die meisten der übrigen, dreimal und stellte einen vierten blofs zur Bestimmung der Kieselsäure an. Die Resultate wichen aber nur so unbe-

*) Er schreibt diesen Ueberschufs an Kieselsäure dem zum Aufschliefsen angewandten Kali und der Steinplatte zu, auf welcher das Fossil zerrieben ward.

deutend von einander ab, wie es selbst bei den genauesten Analysen nicht ungewöhnlich ist. Was noch mehr die Aufmerksamkeit auf sich zieht, als der bloſse Ueberschuſs jenes Bestandtheils, ist der Umstand, daſs der Sauerstoff der Basen, mit dem der Kieselsäure verglichen, sogar auf ein Bisilicat deutet. Eine solche Abweichung von dem, was die Erfahrung über die Zusammensetzung so vieler Granaten bestätigt, kann indeſs schwerlich durch die Analyse eines Fossils als bewiesen angesehen werden, welches, wie das in Rede stehende, durch fremde Einmengungen so unrein ist. Er glaubt daher, hinsichtlich dieses Verhältnisses, den Granat von *Klemetsaune* einstweilen bei Seite setzen zu müssen.

Auch v. Kobell *) macht aufmerksam, daſs, wenn man aus den Sauerstoffmengen der Basen die Menge der Kieselsäure berechnet, ein Theil derselben bei vielen Varietäten als eingemengt betrachtet werden müsse, sofern nicht Bi- oder Trisilicate angenommen werden sollen, wofür im Allgemeinen kein Grund vorhanden ist. Die Kieselsäure scheint ihm, bei dem mannichfaltigen Wechsel der verschiedenen Basen in den Silicaten der Granatmischungen, eine constante, absolute Quantität zu behaupten, die zu 37,774 Proc. anzunehmen wäre. Hiernach berechnet er die Maxima der Quantitäten der Basen u. s. w.

Die Gegenwart der, unstreitig an Kalk gebundenen Kohlensäure in mehreren Granaten ist eine Thatsache. Nach den bisherigen Vorstellungen betrachtet man diesen kohlensauren Kalk als einen eingesprengten Gemengtheil, unabhängig vom Granat. Hätte man je berücksichtigt, dass diejenigen Fossilien oder Gebirgsarten, in denen Kalkspath sichtbar eingesprengt ist, oder die wenigstens mit Säuren brausen, meist solche sind, welche Kalksilicate enthalten: so würde man schon längst zur Ueberzeugung gekommen sein, daſs der beigemengte kohlensaure Kalk nicht ein zufälliger, sondern ein aus der Zersetzung der Kalksilicate hervorgegangener Gemengtheil sei.

So oft habe ich schon gehört und höre noch täglich von Mineralogen sagen: Fossilien, welche in anderen eingesprengt

*) Kastner's Archiv. B. X. S. 23.

vorkommen, seien entweder mit diesen gleichzeitige Bildungen oder, wie z. B. Kalkspath, in dieselben durch Gewässer geführt worden.

Was die Fossilien betrifft, welche in andern eingewachsen sind, etwa zwischen Spaltungsflächen sich finden: so sollte man doch in der That zunächst fragen, ob sie nicht Zersetzungsproducte sein können, wenn der eine oder der andere ihrer Bestandtheile in den Fossilien, worin sie eingesprengt sind, vorkommt. Trifft man in Fossilien die Eisenoxydul- und Kalksilicate halten, Eisenoxydhydrat oder Kalkspath an: so liegt es gewifs sehr nahe, diese für Zersetzungsproducte von jenen mit Hülfe des atmosphärischen Sauerstoff- und Kohlensäuregases und Wassers zu halten; besonders wenn die Fossilien selbst nicht mehr ihre ursprüngliche Frische, sondern sich verändert zeigen. Wären, um bei diesen Beispielen stehen zu bleiben, Eisenoxydhydrat und Kalkspath durch Gewässer eingeführt worden: so müfste man diese Substanzen auch in benachbarten Fossilien, welche Eisenoxydul und Kalk nicht in ihrer Mischung haben, finden. Schwerlich werden aber Feldspath, Glimmer und Quarz eines Granits mit Säuren brausen, wenn auch der eingesprengte Wernerit noch so stark brauset, was doch der Fall sein müfste, sofern der kohlensaure Kalk von Gewässern abgesetzt worden wäre. Nichts kann näher liegen, als der Schlufs, dafs der Wernerit brauset, weil er ein Kalksilicat enthält, welches auf Kosten der atmosphärischen Kohlensäure nach und nach in Kalkcarbonat zersetzt wird; dafs aber der Feldspath, Glimmer und Quarz nicht brausen, weil sie keine Kalksilicate enthalten, aus denen Kalkcarbonat entstehen kann.

Eine grosse Zahl von Graniten, Porphyren und Gneifsen, sowohl anstehend als in Stufen aus Mineralien-Cabineten habe ich mit Säuren geprüft; aber nie eine Spur von Brausen bemerkt, wenn in ihnen, aufser Feldspath, Glimmer, Quarz u. s. w. keine anderen Fossilien vorhanden waren, die Kalksilicate enthielten. Es ist also ein sicherer Beweis, dafs Gewässer in diesen Gebirgsgesteinen nie Absätze von kohlensaurem Kalk bewirkt haben. So wie man aber in das Gebiet der Labradorgesteine, der Basalte, Melaphyre u. s. w. kommt: so zeigt sich das Brausen mit Säuren und um so mehr, je mehr diese

Gesteine zersetzt sind. An Gewässer, welche diesen kohlensauren Kalk abgesetzt haben, ist daher nicht mehr zu denken; sondern solche Gesteine brausen, weil sie Kalksilicate haltende Fossilien in sich schliefsen, welche durch ihre Zersetzung mittelst atmosphärischer Kohlensäure kohlensauren Kalk geben.

Nach diesen Erörterungen ist wohl nicht zweifelhaft, dafs der kohlensaure Kalk in den Kalkgranaten, in Fossilien, die eine sehr reiche Menge von Kalksilicat halten, sei er als erkennbarer Kalkspath vorhanden, oder nur durch das Brausen wahrnehmbar, ein Zersetzungsproduct dieses Kalksilicats sein kann. Tritt aber die Kalkerde aus der Mischung eines Granats und nicht auch gleichzeitig die damit verbundene Kieselsäure: so ist klar, dafs diese vorwalten müsse. Der oben genannte Eisengranat von *Engsö* hält keine Kalkerde, die Eisengranaten von *New-York*, *Hallandsäs*, von *Halland* und von *Arendal* halten aber davon 1,07, 1,5, 4,98 uud 29,48 Proc. Aus ersterem ist wahrscheinlich alle Kalkerde in Folge theilweiser Zersetzung fortgeführt worden; die letzteren bewahren aber noch die Reste ihres ehemaligen Kalkgehaltes. Wenn schwacher Glanz und unklare Farbe Zeichen schon eingetretener Zersetzung sind: so hat dieselbe beim Granat von *Engsö* schon wirklich begonnen. Unverkennbar ist sie beim Granat von *Halland*, der einen unbedeutenden Glanz hat und dessen Oberfläche braun angelaufen oder mit Eisenoxyd bedeckt ist, welches zeigt, dafs auch dieses bei der Zersetzung ausgeschieden wird und daher ebenfalls zur relativen Zunahme der Kieselsäure beiträgt. Die Krystalle des Granats von *Arendal* werden vom Quarz nicht geritzt, aber ihre Oberfläche wird sowohl von diesem als vom Messer angegriffen; hier hat also die Zersetzung gleichfalls schon begonnen.

Die Krystalle des Granats von *Klemetsaune*, die Trolle-Wachtmeister nur lose sah, und welche die Grösse einer kleinen Erbse und darunter haben, überzieht ein weisses Fossil, welches auch in reichlicher Menge aderförmig eingesprengt ist, und dem Albit ähnlich zu sein scheint. Dieser Chemiker sagt nicht, ob er dieses Fossil aus dem zur Analyse verwendeten Granat sorgfältigst abgesondert habe. Es scheint ein Zersetzungsproduct desselben zu sein, und nur diese An-

nahme erklärt die bedeutende Menge Kieselsäure in diesem Granat. Seine Aehnlichkeit mit dem Albit durch eine Analyse nachzuweisen, wäre wohl der Mühe werth gewesen.

Zu *Alabaschka* bei *Mursinsk* finden sich blutrothe Granatkrystalle im Granit, die bisweilen mit Quarz in einzelnen von einander getrennten Körnern und in solcher Menge durchwachsen sind, dafs die Masse des Quarzes mehr Raum einnimmt, als die des Granats. Der oben erwähnte, von Bucholz analysirte Granat bildete ein Haufwerk, zwischen welchem kleine Quarzkörner befindlich sind.

Sollten nicht diese sichtbaren Quarze ebenso Zersetzungsproducte des Granats sein, wie die Kieselsäure, welche sich erst bei der Analyse in dem Ueberschusse findet? —

Im Granat von *Langbanshytta* fanden sich 0,98, und im gelben Kalkgranat aus der Gegend von *Altenau* 2,35 Proc. Kali. Auch C. G. Gmelin *) fand im Kanelstein von *Ceylon* 0,59 Proc. Kali. Da diese drei Granaten die einzigen unter den vielen bisher analysirten sind, welche Kali enthalten: so kann dieses nur von aufsen hinzugekommen sein. Die Vergleichung mit dem, was beim Wernerit ausführlicher bemerkt wurde, und der Umstand, dafs dieses Kali sich nach gerade in Kalkgranaten findet (S. 451), macht es höchst wahrscheinlich, dafs dasselbe durch Austausch gegen Kalk in die Mischung des Granats getreten sei.

Das Resultat aller dieser Untersuchungen und Beobachtungen ist, dafs die Granaten, wie alle Fossilien, welche kieselsauren Kalk enthalten, vorzugsweise der Zersetzung unterworfen sind, und dafs diese entweder durch Kohlensäure oder durch kohlensaure Alkalien erfolgt. Da nur in drei Granaten Kali nachgewiesen ist: so scheint die Zersetzung durch kohlensaures Kali die seltenere, die durch Kohlensäure dagegen die häufigere zu sein. Dafs aber die Granaten überhaupt äusserst selten im vollkommen unveränderten Zustande vorkommen, beweiset eben der Kieselsäure-Ueberschufs in den meisten bis jetzt analysirten.

Oben (S. 260) wurde schon bemerkt, wie die Lehre von den bestimmten Mischungsverhältnissen Mittel darbietet,

*) Jahresbericht V. S. 224.

den Umwandlungsprocessen der Fossilien auf die Spur zu kommen. Es steht gewifs unveränderlich fest, dafs krystallisirte Fossilien in ihrem völlig frischen Zustande Mischungen nach bestimmten Mischungsverhältnissen sind, auf welche Weise sie auch entstanden sein mögen. Diese bestimmten Mischungsverhältnisse setzen voraus, dafs der Sauerstoff der Kieselsäure in einem einfachen Verhältnisse zu dem der Basen stehe. Daher ist es die sicherste Probe für die richtige Ausführung der Analyse eines mineralogisch einfachen Fossils, und, fügen wir hinzu, für seinen noch unveränderten Zustand, wenn die Summe der Sauerstoffmengen der Basen zum Sauerstoff der Kieselsäure in einem solchen einfachen Verhältnisse steht. Kurz: so wie die Salze, welche wir im Laboratorium darstellen, entweder neutrale oder saure oder basische sind: so sind auch die Silicate entweder neutrale (einfache Silicate) oder saure (zweifach, dreifach, vierfach u. s. w. saure Silicate) oder basische (halb-, einfach-, zweifach-, dreifach u. s. w. basische). Alle bisherigen Analysen der Granate haben zu dem Resultate geführt, dafs sie zweifach basische von zwei Reihen isomorpher Basen sind. Aber, wie schon wiederholt bemerkt wurde, meist ist die Summe der Sauerstoffmengen in den Basen etwas kleiner, als der Sauerstoff der Kieselsäure. Da diese Differenz nicht in Fehlern der Analyse zu suchen ist: so kann sie nur davon herrühren, dafs ein Theil der Basen (vorzugsweise die Kalkerde ganz oder theilweise) durch einen bereits begonnenen Zersetzungsprocefs fortgeführt worden ist. In dem oben (S. 478) angeführten Granat von *Klemetsaune* mufs diese Zersetzung einen hohen Grad erreicht haben, weil der Sauerstoff der Basen nicht viel mehr als die Hälfte von dem der Kieselsäure beträgt.

Die Mehrzahl unserer künstlich dargestellten Salze, vorzugsweise die Sauerstoffsalze, sind von der Art, dafs sie durch die Atmosphärilien keine Zersetzung erleiden; das ursprüngliche Verhältnifs des Sauerstoffs der Basen zum Sauerstoff der Säuren verändert sich daher nicht. Wie sollten auch Salze, wie die schwefelsauren, die salpetersauren, die Chlorüre u. s. w., deren Bestandtheile durch die stärksten Verwandtschaften zusammengehalten werden, durch die ungleich schwächeren der Atmosphärilien eine Zersetzung erleiden? —

Indefs in Fällen, wo die Säure oder die Basis einer höheren Oxydation fähig ist, wie etwa bei den schwefligsauren Salzen oder bei den Eisenoxydulsalzen, sehen wir allerdings Veränderungen in den Mischungsverhältnissen eintreten, und diese Veränderungen sind meist mit einer Aenderung oder gänzlichen Aufhebung der Krystallform verknüpft. Ja, man möchte sagen, die Krystallform hängt bei ihnen an so schwachen Fäden, dafs sogar, mit Verlust des Krystallwassers und noch mehr mit Aufnahme des Wassers aus der Luft, die Krystallform verloren geht.

Ganz anders verhält es sich aber bei den Mineralkörpern. Die Silicate, die bei weitem gröfste Zahl unter ihnen, sind, ohne Ausnahme, mit der Länge der Zeit einer Zersetzung durch die Atmosphärilien, namentlich durch die Kohlensäure, und die Oxydulsilicate durch den Sauerstoff unterworfen. Diese Zersetzung unterscheidet sich aber von der der künstlichen Salze wesentlich darin, dafs bei jener sehr häufig die Krystallform beibehalten wird, wie diefs die Pseudomorphosen zeigen. Wird festgehalten, dafs ein Fossil mehrere seiner Bestandtheile verlieren, andere aufnehmen, ja dafs es alle verlieren kann, und ganz andere an seine Stelle treten, wie diefs die Verdrängungs-Pseudomorphosen zeigen: so ist es gar nicht befremdend, dafs auch der Granat einige von seinen Bestandtheilen theilweise verlieren, manchmal auch andere dagegen aufnehmen kann, ohne seine Krystallform einzubüfsen.

Wenn die oben (S. 476) angeführten Granaten bei ihrer Verwitterung ihr Volumen nicht verändert haben, was wahrscheinlich ist: so berechnet sich aus der Verminderung ihres specifischen Gewichts, dafs der Uwarowit 13 und der Aplomgranat mindestens 24 Proc. von ihrer Masse verloren haben. Niemand wird glauben, dafs dieser Verlust plötzlich eingetreten sei; er kann nur successiv während der ganzen Dauer des Verwitterungsprocesses statt gefunden haben. Wären diese Granaten in einer viel früheren Periode, wo die äufsern Kennzeichen kaum eine Veränderung hätten wahrnehmen lassen, analysirt worden: so würde man die Resultate der Analyse gewifs für ihre wahre Zusammensetzung genommen haben, obgleich doch schon mehrere Procente ihrer

Bestandtheile verloren gegangen sein konnten. Man irrt daher gewifs recht sehr, wenn man glaubt, die wohl erhaltene Krystallform des Granats oder irgend eines andern, der Analyse unterworfenen Fossils, könne uns jeden Zweifels an seiner vollen Integrität überheben. Veränderung der Härte, der Porosität, des Glanzes, der Durchsichtigkeit oder Undurchsichtigkeit u. s. w. sind untrügliche Kennzeichen, dafs schon Aenderungen in der Mischung der Fossilien eingetreten sind. Wo sich also solche Veränderungen zeigen, da wird Vorsicht bei Aufstellung der chemischen Formeln geboten, wenn man damit den Zustand eines Fossils, in welchem es sich zur Zeit seiner Bildung befunden hat, bezeichnen will.

Wir würden Unrecht thun, wenn wir alle analytische Chemiker einer Vernachläfsigung dieser Rücksichten zeihen wollten. Wenn auch die allmälige Veränderung der Fossilien, als allgemeines Phänomen, bisher wenig oder gar nicht beachtet worden ist: so haben sich doch verschiedene Chemiker über den Werth der chemischen Formeln nicht getäuscht. So bemerkt C. G. Gmelin bei seiner oben angeführten Analyse des Kanelstein von *Ceylon*, dafs man, weil die Farbe desselben veränderlich sei und hiermit zugleich der Eisengehalt, nicht bestimmt sagen könne, in wie weit das Eisenoxyd dem Fossil als wesentliche Basis angehöre, und da eine Veränderung im Eisengehalte zugleich eine Veränderung der ganzen Formel nach sich ziehe: so könne auf eine solche Formel kein Gewicht gelegt werden.

Wenn schon meist die Basen im Granat nicht zur Sättigung der Kieselsäure hinreichen: so ist diefs noch mehr der Fall, sofern ein Theil des Eisenoxyds im freien Zustande oder als Magneteisen darin vorhanden ist, wie wir oben gesehen haben.

Unter gewissen Umständen scheint auch ein Theil des Eisenoxyduls im Granat fortgeführt zu werden, wie aus Eisenerzgängen zu schliefsen ist, welche bei *Beaujeux* (*Rhonedepart.*) ein sehr mächtiges Granatlager durchbrochen haben, und deren Erz zugleich mit dem Granat zur Gufseisengewinnung verwendet wird *).

*) Ebelmen a. a. O.

Aus allem diesen ist zu entnehmen, wie wenig die dermalige Mischung der Granaten ihrer ursprünglichen entspricht.

Es folgen nun die Umwandlungen der Granaten in andere Fossilien.

Chlorit nach Granat.

Schon längst sind die grofsen Granaten, mit Chlorit überzogen, die in der Erzgrube zu *Fahlun* und im sogenannten *Albrechts*-Stollen vorkommen, bekannt *). Breithaupt **) erwähnt Uebergänge des Aplomgranats aus dem *Forstwalde* bei *Schwarzenberg* in *Sachsen*, aus dem *Elsafs* u. s. w. in eine dunkelgrüne, chloritähnliche Masse, die zum Theil so weich ist, dafs sie Eindrücke vom Fingernagel annimmt. In einem Chloritschiefer fand er Parthieen und Krystalle des halbharten Fahlunits, wovon die letzteren deutliche und undeutliche Dodecaëder waren. Diesen dem Serpentin nahe stehenden Fahlunit glaubt er für ein Umwandlungsproduct des Granats halten zu dürfen, da dieses Fossil oft ein gleiches Vorkommen hat, der Fahlunit aber in seinem Innern durchaus unkrystallinisch sei. Auch der oben erwähnte, halb zersetzte Aplomgranat stimmte in seinen Kennzeichen mit Serpentin und Fahlunit überein ***).

Wiser †) beobachtete an einer Druse des sogenannten Hyazinthgranats vom Berge *Lolen* im *Magis* (einem auf der Grenze von *Uri* gelegenen *Bündtner* Thale) neben gelblichbraunen, glänzenden, durchscheinenden und harten, kleinen Granatkrystallen einige schwärzlichgrüne, matte oder blafsschimmernde, undurchsichtige und weiche Krystalle genau von der gleichen Form und Grösse, wie die gelblichbraunen. Letztere bestehen, nach den damit vorgenommenen Prüfungen, aus

*) Hisinger a. a. O.

**) a. a. O.

***) Wenn weitere Untersuchungen die Umwandlung des Granats in Fahlunit bestätigen sollten: so würde diefs ein Gegenstand von besonderer Wichtigkeit sein, weil daraus die mittelbare Umwandlung des Granats in Glimmer sich ergeben würde (Bd. II. S. 373). Dagegen Blum in seinem Nachtrage S. 35.

†) Jahrb. f. Min. 1842. S. 524.

einer chloritartigen Masse, die beim Erhitzen Wasser giebt. Einer dieser Krystalle befindet sich kleineren Theils noch in seinem ursprünglichen Zustande, gröfsern Theils aber aus eben erwähnter weichen, chloritartigen Substanz. Später *) erwähnt Wiser eines ausgezeichnet schönen und characteristischen Exemplars dieser Pseudomorphosen von demselben Vorkommen.

Blum **) beschreibt eine ähnliche Pseudomorphose von *Sparrenberg* im *Fichtelgebirge*, die wahrscheinlich zwischen Glimmerschiefer und Serpentin vorkommt. Eine Menge dodecaëdrischer Krystalle sind in einer chloritischen Masse eingewachsen, aus welcher sie mehr oder weniger hervorragen, und wovon einige von Kalk- oder Bitterspath bedeckt sind. Sie sind glatt, stark fettartig glänzend und schwärzlichgrün, und deuten auf Aplomgranat. Glanz und Farbe dieser Krystalle hat sich aber verändert und besonders die Härte so abgenommen, dafs sie sich leicht mit dem Messer schneiden lassen. Einige durchbrochene Krystalle zeigen jedoch in ihrem Innern noch einen Kern von unverändertem Granat, während das Uebrige in eine weiche, graulichschwarze, höchst feinschuppige Chloritmasse umgewandelt ist. Diese Veränderung begann also aufsen und schritt nach innen fort, aber sehr ungleich; denn einige Krystalle waren schon ganz zu Chlorit geworden, andere enthielten noch jenen Granatkern. Das Umwandlungsproduct giebt im Kolben Wasser und verhält sich ganz wie Chlorit.

Dieses Exemplar ist aufserdem noch merkwürdig durch die Gegenwart von Helvin, der aus dem Chlorit hervorragt.

Der Aplom gehört zu den Eisenkalkgranaten, und nach Breithaupt ***) sind es unter den analysirten der vom *Teufelstein*, vom *Champlain-See*, von *Sala*, von *Pitkäranda* und wahrscheinlich auch der von *Langbanshytta*, welche zu denselben zu rechnen sind. Ist auch der Helvin ein Zersetzungsproduct des Aploms: so könnte letzterer doch nur ein manganhaltiger gewesen sein, welcher der Zersetzung unter-

*) a. a. O. 1843. S. 298.
**) Nachtrag. S. 88.
***) Handb. der Mineral. Bd. III. S. 639.

legen wäre, da jenes Fossil, nach C. G. Gmelin*) 29,34 Proc. Manganoxydul und, merkwürdiger Weise, 14 Proc. Schwefelmangan enthält. Manganoxydul hält der Granat von *Teufelstein* (0,95 Proc. nach Karsten) und der Granat von *Langbanshytta* (7,08 Proc. nach Trolle-Wachtmeister). Aber der Helvin hat in seiner Mischung 8 Proc. Beryllerde, welche bis jetzt noch in keinem Granat gefunden wurde. Berücksichtigt man indefs, dafs, beim gewöhnlichen Gange der chemischen Analyse, diese Erde leicht mit Thonerde verwechselt werden kann, wie diefs sogar bei der Analyse des Helvins von Vogel **) geschehen ist: so kann man an der Möglichkeit nicht zweifeln, dafs auch bei der Analyse des einen oder andern Granats eine solche Verwechslung statt gefunden habe. Vor allem ist eine Analyse der Granatüberreste, in der von Blum beschriebenen Pseudomorphose erforderlich, ehe unsere Vermuthungen ein sicheres Fundament gewinnen können. Nur das wollen wir noch bemerken, dafs der höchst seltene Helvin auch zu *Rittersgrün* und *Bergmannsgrün* bei *Schwarzenberg* auf einem Granatlager im Gneifs mit Chlorit vorkommt ***).

*) Poggend. Ann. Bd. III. S. 53.

**) Schweigg. Journ. Bd. XXIX. S. 314.

***) Nach Freiesleben war die verlassene Grube *Friedefürst* in der *Bermsgrüner* Lagergruppe der Hauptfundort des Helvins, wo zugleich Granat, verhärteter Thon, Chlorit, Flufsspath, Quarz, Kalkspath, Schieferspath, Blende und Bleiglanz vorkamen. Auch die verfallene Grube *Grüner Zweig* am *hohen Hahn* dürfte hierher zu rechnen sein. Naumann's Erläuterungen u. s. w. H. III. S. 237. Ferner findet sich in den Grubenbauen von *Unverhofft Glück* Helvin mit Pikrolith, Pistazit, grünem Granat (Allochroit), grünem Glimmer, Flufsspath, Peponit und Serpentin, wohin besonders die interessanten Pseudomorphosen nach Granat und Augit gehören dürften, welche Freiesleben beschrieben hat (Magazin H. VI. S. 25 und Naumann a. a. O. S. 229). Endlich finden wir in der Lagergruppe am *Schültzhause* Grünstein mit Strahlstein, gemeinen Granat, Quarz, Prasem (seltener Helvin, Pistazit, Amethyst und Allochroit) Naumann ebend. S. 232.

Ein so constantes Zusammenvorkommen des Helvins mit Granat und andern Zersetzungsproducten des letzteren kann kein

Abstrahiren wir von der Bildung dieses räthselhaften Fossils und bleiben wir zunächst bei der notorischen Umwandlung des Granats in Chlorit stehen: so beantwortet sich die Frage, wohin bei dieser Umwandlung die Kalkerde des Granats, die sich im Chlorit nicht findet, gekommen sei, von selbst, da Kalk- oder Bitterspath einige Krystalle in der von Blum beschriebenen Pseudomorphose bedeckt. Sollte es wirklich Bitterspath sein, so würde die Gegenwart des Magnesiacarbonats etwas befremdend sein, da unter den analysirten Aplomgranaten nur der von *Sala* Magnesia enthält, und da die Umwandlung des Granats in Chlorit nach gerade die Aufnahme dieser Erde voraussetzt.

Man sieht, bei der Umwandlung eines Eisenkalkgranats in Chlorit unterliegt jener dem allgemeinen Zersetzungsprocesse der Kalksilicat-haltigen Fossilien: Kalkerde scheidet sich aus, Magnesia tritt an ihre Stelle.

Die Vermuthung lag nahe, dafs die Umwandlung des Kalksilicats in Magnesiasilicat durch Magnesiabicarbonat erfolgen könne. Magnesiasilicat ist viel schwerlöslicher als Kalksilicat: jenes fordert mindestens 5 Mal so viel Wasser zur Lösung als dieses; (Bd. I. S. 778 u. 788). Dagegen sind Kalkbicarbonat und Magnesiabicarbonat ziemlich nahe gleich löslich. (Bd. I. S. 379 u. 387). Nach dem allgemeinen chemischen Gesetze, dafs je zwei Salze sich auf nassem Wege gegenseitig zerlegen, wenn durch Umtausch der Säuren und Basen schwerlöslichere Salze entstehen, war daher zu erwarten, dafs eine Lösung von Kalksilicat und Magnesiabicarbonat durch doppelte Zerlegung in Kalkbicarbonat und Magnesiasilicat zerfallen, und letzteres sich grofsen Theils ausscheiden werde. Der Erfolg der Versuche entsprach dieser Erwartung.

Kalksilicat, durch Zersetzung von Chlorcalcium mittelst Kalisilicat erhalten, und sorgfältigst ausgewaschen, wurde in heifsem Wasser gelöst, um eine recht concentrirte Lösung zu erhalten, und mit einer Lösung von Magnesiabicarbonat versetzt. Letztere wurde dargestellt, indem durch destillirtes Wasser, worin Magnesia alba eingerührt worden, Kohlen-

zufälliges sein; sondern es deutet auf eine innige Verknüpfung beider Fossilien.

säuregas mehrere Stunden lang geleitet wurde. Da die Flüssigkeit filtrirt wurde und in einem offenen Gefäfse stehen blieb: so verflüchtigte sich der gröfste Theil der überschüssigen Kohlensäure. Bald nach der Vermischung beider Auflösungen trübte sich die Flüssigkeit etwas und unzählige kleine weifse Flöckchen schwammen in ihr. Ueber Nacht in einem verschlossenen Glase stehend, hatten sich die Flöckchen abgesetzt. Durch gelindes Erhitzen und Verdampfen eines kleinen Theils der Flüssigkeit setzte sich noch etwas mehr vom Niederschlage ab. Dieser wurde auf das Filtrum gebracht, ausgewaschen und in Salzsäure aufgelöst, wobei sich auch nicht ein Bläschen Kohlensäuregas entwickelte, aber Kieselsäure sich ausschied. Das durch die Säure zersetzte Silicat enthielt daher kein Carbonat. Nach Sättigung der überschüssigen Säure durch Ammoniak, erfolgte durch oxalsaures Ammoniak keine Trübung. Phosphorsaures Ammoniak bewirkte aber sogleich einen Niederschlag. Es war also hiermit bewiesen, dafs kieselsaurer Kalk und kohlensaure Magnesia sich gegenseitig zersetzen und kieselsaure Magnesia und kohlensauren Kalk geben. Eine Wiederholung des Versuchs gab dieselben Resultate. Als zu einer in der Kälte dargestellten Lösung des Kalksilicats eine Lösung von Magnesiabicarbonat gesetzt wurde, zeigte sich erst am andern Tage eine Trübung, welche nach mehreren Tagen noch etwas zunahm.

Serpentin (Ophit) nach Granat.

Das Vorkommen von Serpentin in Formen von Granat, bei *Breitenbrunn* und *Bermannsgrün* unweit *Schwarzenberg* in *Sachsen*, hatte Freiesleben schon vor längerer Zeit beschrieben *). Aber erst durch Kersten's Analyse **) stellte sich heraus, dafs das Umwandlungsproduct wirklich Serpentin

*) Dessen geognostische Arbeiten Bd. V. S. 29 u. 179. Der in Serpentin umgewandelte Granat scheint auch an andern Orten vorzukommen. Das von Freiesleben S. 61 erwähnte grünlichgraue und blafs ölgrüne, dichte Fossil, welches den Uebergang aus Granat in Allochroit bildet, und das auch bei *Berggieshübel* sich findet, scheint dahin zu gehören.

**) Jahrb. für den sächs. Berg- und Hüttenmann auf 1846. S. 39.

und nicht Chlorit sei, wofür es Freiesleben gehalten hatte. Der grünlichschwarze, stellenweise bräunlichgrüne Serpentin war besonders an den von Kalkspath umgebenen Stellen mit einem schwarzen Fossil gemengt, welches aus Magneteisen bestand.

Letzteres mit dem Magnete ausgezogen betrug 17,5, und der Serpentin 82,5 Procent.

Zur Vergleichung stellen wir neben einander: Karsten's *) Analyse des grünlichbraunen, undurchsichtigen Granats vom *Teufelstein* bei *Schwarzenberg*, Kersten's Analyse jener, dem Serpentin ähnlichen Substanz, auf 82,5 Proc. reducirt, und das mit derselben gemengte Magneteisen.

	Granat		Serpentin	Magneteisen
Kieselsäure .	36,85		34,24	
Thonerde . .	4,05			
Eisenoxyd .	25,35	oxydul	3,38	17,50
Manganoxydul	0,95	oxyd	0,41	
Kalk . . .	32,32		Spur	
Magnesia .			33,28	
Natron . .			0,35	
Wasser u. Bitumen			10,62	
	99,52	=	82,28	+ 17,50

Karsten suchte zwar die Oxydationsstufe des Eisens in den von ihm analysirten Granaten zu bestimmen (S. 453); bei der grofsen Schwierigkeit einer solchen Bestimmung in einem, in Säuren unauflöslichen Fossil bleibt es aber doch un-

*) Schweigger's Journ. Bd. LXV. S. 345. Eine Analyse des Granats vom Fundorte der Pseudomorphose des Serpentins in Formen von Granat (*Breitenbrunn* und *Bermannsgrün*) besitzen wir nicht. Wir wählten daher die Analyse des Granats von dem in der Nähe gelegenen *Teufelstein* zur Vergleichung. Um so mehr möchte sich diese Vergleichung rechtfertigen lassen, da der Granat von *Breitenbrunn* und *Bermannsgrün*, so wie der vom *Teufelstein*, meist zum grünen (Aplom, Allochroit) gehört, und diese grünen Granaten sehr nahe eine gleiche, nämlich die oben bemerkte Zusammensetzung haben, wie auch die Analyse des grünen Granats von *Hesselkulla* von Trolle-Wachtmeister zeigt.

gewifs, ob in jenem Granat gar kein Oxydul enthalten war. Die grünlichbraune Farbe deutet gewifs auf Eisenoxydul. Addirt man zu den 3,38 Procent Eisenoxydul im Serpentin 4,41 Procent Eisenoxydul, welche im Magneteisen enthalten sind: so erhält man 7,79 Proc. Eisenoxydul, die ursprünglich in dem, in Serpentin und Magneteisen umgewandelten Granat waren. Diese 7,79 Eisenoxydul fordern 0,89 Sauerstoff zur Umwandlung in Eisenoxyd. Zieht man diese Menge von den 25,35 Proc. Eisenoxyd im Granat ab, so bleiben 24,46 Proc. Eisenoxyduloxyd übrig. Diese Differenz übersteigt noch nicht die Gröfse der Beobachtungsfehler. Auf der andern Seite deutet aber auch die bräunlichgrüne Farbe des Serpentins auf einen theilweisen Gehalt an Eisenoxydhydrat, mithin ist wohl ein Theil des Eisenoxyduls in Kersten's Analyse als Eisenoxyd anzunehmen, wodurch sich jene Differenz um etwas vermindern würde.

So weit die vorstehenden Analysen die Vergleichung gestatten, stellt sich heraus, dafs sich bei der Umwandlung des Granats in Serpentin der gröfste Theil seines Eisenoxyduloxyds als Magneteisen ausschied, und ein geringerer theils dem Serpentin sich beimischte, theils von Gewässern fortgeführt wurde, dafs ferner die Thonerde und der Kalk fortgeführt wurden, und Magnesia, Natron und Wasser an ihre Stelle traten. Der Kalk scheint sich indefs, wenigstens zum Theil, in dem, den Serpentin umgebenden Kalkspath wieder zu finden.

Kaum kann man eine nähere Uebereinstimmung zwischen den Bestandtheilen des ursprünglichen Fossils und seinen Zersetzungsproducten erwarten, als sie sich in dem vorliegenden Falle herausstellt. Die Aufnahme von Wasser, Bitumen, Natron und etwas Kochsalz, welches vom heifsen Wasser extrahirt wurde, zeigen unverkennbar, dafs der Umwandlungsprocefs auf nassem Wege vor sich gegangen ist. Wahrscheinlicher Weise wurde das Kalksilicat durch kohlensaure Magnesia in Magnesiasilicat und kohlensauren Kalk zersetzt, wobei jenes den wesentlichen Bestandtheil des Chlorits constituirte, während dieser als Kalkspath in den Umgebungen des Serpentins sich abschied. Fast möchte man vermuthen, dafs auch Eisenoxydulsilicat durch kohlensaure Magnesia zersetzt werde in kohlensaures Eisenoxydul und Magnesiasilicat,

wovon sich jenes, nach Umwandlung in Oxyd, wobei sich die Kohlensäure verflüchtigte, im Magneteisen wiederfindet. Es ist Schade, dafs durch Versuche schwerlich zu ermitteln sein wird, ob eine solche Zersetzung wirklich stattfinden kann.

Wir können bei dieser Gelegenheit den Wunsch nicht unterdrücken, dafs die Chemiker doch stets solche sich ihnen darbietende Gelegenheiten zur Analyse von Pseudomorphosen benutzen und damit die Analyse der noch unveränderten Fossilien, woraus erstere entstanden sind, verknüpfen möchten, wenn letztere in der Nähe vorkommen. Nur auf diese Weise kann das bis jetzt grofsen Theils noch sehr dunkle Gebiet der im Mineralreiche von statten gehenden Processe aufgehellet werden. Obgleich es bei den vorstehenden Analysen unbestimmt bleibt, ob der von Karsten untersuchte Granat von demselben Fundorte ist, oder wenigstens dieselbe Zusammensetzung hatte, wie der in Serpentin umgewandelte: so führte doch die Vergleichung der Analysen zu einem sehr wahrscheinlichen pseudomorphischen Zersetzungsprocefs und wenigstens zu der unzweifelhaften Bildung des Magneteisens auf nassem Wege. Eine quantitative Bestimmung des Kalkspaths wäre zu wünschen gewesen, die freilich nur dann zu einem befriedigenden Resultate hätte führen können, wenn beim Herausschlagen der Stufe aus dem Gesteine auf die Bedeutung dieses Fossils Rücksicht genommen worden wäre.

G. Rose*) beschreibt flache Serpentin-Hügel in der Gegend von *Miask*, die dadurch ausgezeichnet waren, dafs jeder von ihnen einen Kern von einem, dem dichten Granat ähnlichen Gestein enthielt, welches gangförmig mit geringem Fallen noch im Serpentin stack. Der Granat ist dicht, feinsplittrig und dunkel grünlichgrau, stellenweise mit kleinen, schwärzern Flecken, die von eingemengten, unkenntlichen Krystallen herzurühren scheinen. Nach einer Analyse von Sthamer verhält sich der Sauerstoffgehalt der Basen (Kalk, Magnesia, Thonerde, Eisenoxyd) zu dem der Kieselsäure wie 18,25 : 23,95. Die Kieselsäure ist daher im grofsen Ueberschusse gegen die Basen, wovon ein Theil ohne Zweifel durch

*) Reise. Bd. II. S. 98.

die Gewässer weggeführt wurde; der Granat ist mithin in starker Zersetzung begriffen. Beide Gesteine sind sehr zerklüftet, und durch Zersetzung sind die abgesonderten Stücke des Granats auf der Oberfläche ziegelroth und die des Serpentins schneeweifs geworden.

Sollte nicht dieser Serpentin ein umgewandelter Granat und der Granatkern der Ueberrest davon sein, der auch in dieser Umwandlung begriffen ist? —

Chlorit und Serpentin nach Granat.

Nach Herm. Müller *) sind die im *Greifenberger* Serpentin *Sachsen's* in grofser Menge porphyrartig eingewachsenen Granaten (Pyrop?) oft mit einer Schale von feinblättrigem Chlorit umgeben, dessen Blättchen senkrecht auf ihrer Oberfläche stehen. Häufig ist aber der Granat gänzlich in feinkörnigen Chlorit umgewandelt, dessen Blätter radial vom Mittelpuncte auslaufen. Dasselbe Verhalten zeigen, nach Naumann **), die Granaten in dem Serpentin von *Zöblitz*, der dem in Rede stehenden ähnlich ist. Vorzüglich häufig nimmt man diese Erscheinung auf den Kluftflächen und den Begrenzungs-Ebenen der mit Chlorit-Zwischenlagen wechselnden Serpentin-Platten wahr. Im frischen Innern des Serpentins ist, an der Stelle des Chlorits, der Granat häufig mit einer schwachen Rinde eines graugrünen Minerals umgeben, das mit Breithaupt's Pyknotrop viel Aehnlichkeit besitzt und bisweilen in edlen Serpentin oder Asbest übergeht. Während dasselbe stets sich von dem umhüllten Granat durch eine scharfe Grenze absondert, zeigt sich doch auch oft an der äufsern Seite ein Uebergang in den einschliefsenden gemeinen Serpentin, so dafs man nicht im Stande ist, anzugeben, wo das eine Mineral aufhört und das andere beginnt. Oft ist diese Rinde kaum bemerkbar, meist sieht man aber von ihr nur einen sehr kleinen, jedoch scharf begrenzten Granatkern eingeschlofsen. Eben so häufig ist indefs auch der Granat gänzlich verschwunden, und nur das an seine Stelle getretene Fossil noch übrig. Ist die Umwandlung weiter vorgeschritten, so bemerkt man selbst dieses Fossil nicht mehr,

*) N. Jahrb. für Mineral. u. s. w. Jahrg. 1846. S. 262.

**) Erläuterungen u. s. w.

sondern nur einen anscheinend gleichartigen Serpentin. Die einstige Anwesenheit der Granatkörner erkennt man aber, wenn der Serpentin verwittert, wobei sich letzterer mit einer erdigen, weichen, braungelben bis gelblichweifsen Kruste überzieht, aus der die gewöhnlich in edlen oder gemeinen, schwarzen Serpentin umgewandelten Granaten als schwarze Körner warzenförmig hervorragen. Müller schliefst hieraus, dafs der Serpentin, der durch Umwandlung aus Granaten entstand, und den man in frisch aufgeschlagenen Stücken von dem eigentlichen gemeinen Serpentin nicht unterscheiden kann, doch eine andere chemische Zusammensetzung haben müsse, da er sich in seinem Verhalten bei der Verwitterung von jenem so sehr verschieden zeige.

Ein ähnliches Verhalten bei der Verwitterung läfst sich an dem Chlorit, der aus Granaten entstanden ist, wahrnehmen; denn er steht gewöhnlich auf den Begrenzungs-Flächen der Serpentin-Platten pockenförmig hervor. Seltener findet bei ihm der entgegengesetzte Fall, eine Auswitterung durch mechanische Einwirkung der Atmosphärilien, wodurch Höhlungen im Serpentin zurückgeblieben sind, statt.

Chlorit und Talk finden sich im Serpentin häufig in kleinen und schwachen Blättchen, wie denn überhaupt der Serpentin an manchen Puncten in eine rein chloritische oder talkige Masse übergeht.

Nach diesen Mittheilungen wandelt sich der Granat zunächst in Breithaupt's Pyknotrop und dieser in Serpentin um. Damit stimmt die Bemerkung von Blum *), dafs der Pyknotrop sich nur durch etwas gröfsere Härte vom Serpentin unterscheidet. Man hat demnach die Umwandlungs-Reihe

Granat
Pyknotrop
Serpentin
Chlorit und Talk.

Speckstein nach Granat.

Umwandlungs-Pseudomorphosen dieser Art sind mehr-

*) Oryktogn. 2te Aufl. S. 353.

mals gefunden worden. Von Schlotheim *) führt eine ganze Druse von krystallisirtem Speckstein in der Form des Granats, des Rautendodecaëders an. Doch war dieser Speckstein viel härter, als der gemeine, so dafs er vielleicht mehr zum Bildstein gehört haben mag. Mohs **) erwähnt einer ähnlichen Umwandlung. Die kleinen, rothen Granaten, welche sparsam im Granit von *Thiersheim* vorkommen, haben in der Nähe des zu Speckstein umgewandelten Glimmers dieselbe Umwandlung erlitten ***). Man kann noch die Trapezoëderform erkennen; hier und da sieht man auch noch einige rothe Puncte in der Masse. Wo die Veränderung ganz vollendet ist, verschwand die frühere Härte, der Glanz und die rothe Farbe des Granats gänzlich; er ist weich, lauchgrün und matt oder etwas fettglänzend geworden.

Hinsichtlich des Chemischen bei der Umwandlung des Granats in Speckstein beziehen wir uns auf die schon mehrmals und namentlich wieder beim Wernerit gemachten Bemerkungen (S. 417).

Talk nach Pyrop (rother Granat).

Zu *Meronitz* in *Böhmen* und im Serpentin von *Zöblitz* in *Sachsen* finden sich Pyropkrystalle in Talk umgewandelt. Besonders deutlich und schön findet sich diese Umwandlung an letzterem Orte in einem verhärteten, opalartigen, graulichgelben Serpentin. Die zahlreich darin sitzenden Pyropen sind ohne Ausnahme von vielen Sprüngen durchzogen, in denen sich zum Theil eine weiche, erdige, talkartige Masse angesetzt hat, zum Theil schon weifse, perlmutterglänzende Talkblättchen. Letztere nehmen manchmal so zu, dafs man die rothe Pyropmasse noch in einzelnen Streifen bemerkt †). Nach vollendeter Umwandlung nimmt ein Aggregat von Talkblättchen die Stelle des Pyrops ein.

*) v. Hoff's Mag. f. d. Mineral. 1801. Bd.I. S. 157.

**) V. D. Null's Min. Cabinet u. s. w. 1804. Bd. I. S. 548. N. 1256.

***) Blum a. a. O. S. 136.

†) Blum ebend. S. 110. u. Nachtrag. S. 67.

Werfen wir einen Rückblick auf die Umwandlungen der Granaten, so gewinnen wir folgende allgemeine Gesichtspuncte. Alle Zersetzungsprocesse, denen sie unterliegen, laufen darauf hinaus, dafs die Kalkerde ausgeschieden wird; denn in den Zersetzungsproducten, im Chlorit, Serpentin, Speckstein und Talk fehlt diese Erde, oder es finden sich doch nur noch Spuren von ihr, wie im Serpentin, in welchem Falle wir anzunehmen berechtigt sind, dafs der Zersetzungsprocefs noch nicht vollendet ist. Nächst der Kalkerde ist es das Eisen, welches gleichfalls theilweise oder gänzlich aus der Mischung tritt; denn nur im Chlorit finden wir es noch als wesentlichen Bestandtheil, weniger im Serpentin und gar nicht oder doch nur als unwesentlichen Ueberrest im Speckstein und Talk. Nicht unbeachtet darf es bleiben, dafs durch diese Zersetzungen der Granaten, da sie nicht isolirte Erscheinungen sind, nicht unbedeutende Quantitäten kohlensauren Kalks und Eisenerze geliefert worden sind.

Hierbei tritt uns ein auffallendes Verhältniss entgegen, dafs nämlich bis jetzt eine Umwandlung der Granaten in Glimmer noch nicht beobachtet worden ist *). Dafs der Kalk, den sie enthalten und der im Glimmer fehlt, kein Hindernifs sein kann, zeigt der Wernerit mit seinem constanten bedeutenden Kalkgehalte. Um so auffallender ist diefs, da der in seiner Mischung dem Granat so ähnliche Vesuvian und auch der ihm ziemlich ähnliche Augit einer solchen Umwandlung fähig sind. Dafs eine Umwandlung des Granats in Glimmer auf mittelbarem Wege stattfinden würde, wenn es sich bestätigen sollte, dafs die Granaten in Fahlunit umgewandelt werden können, davon war schon oben (S. 486) die Rede.

Die Neigung, Alkalien aufzunehmen, scheint im Allgemeinen den Granaten abzugehen; denn aufser den drei oben (S. 482) schon angeführten Granaten, hat man in keinem andern bis jetzt Kali gefunden. Vielleicht gelingt es noch in der Folge, wenn der in diesem Werke betretene Weg

*) Sollten die mit Glimmer überzogenen Granatkrystalle der Kernform, welche zu *Aberdeenshire* in *Schottland* vorkommen, auf eine solche Umwandlung deuten? —

weiter verfolgt wird, die Ursache dieser Anomalie aufzufinden.

Die oben (S. 490) durch Versuche nachgewiesene Thatsache, dafs Kalksilicat durch Magnesiabicarbonat in Kalkcarbonat und Magnesiasilicat zersetzt wird, ist eine sehr erfolgreiche Thatsache. Allerdings haben wir uns darauf beschränkt, diese Zersetzung nur mittelst eines künstlich dargestellten Kalksilicats nachzuweisen; denn wir hatten wenig Hoffnung, sie bei Kalksilicat haltenden Fossilien, etwa beim Granat, zu bewerkstelligen. Kann man aber zweifeln, dafs sich natürliche Silicate in ihren Verwandtschaftsverhältnissen anders verhalten sollten, wie künstliche?

Ist diefs nicht zu bezweifeln, so erklärt sich hieraus nicht blofs die Umwandlung des Granats in Chlorit; sondern die meisten der im Mineralreiche stattfindenden Umwandlungen, deren Endziel die Bildung von Glimmer, Chlorit; Serpentin, Speckstein und Talk ist, lassen sich ebenfalls hieraus erklären.

Um daher die Zersetzung des Kalksilicats in Fossilien begreifen zu können, sind wir nicht blofs auf die Gegenwart der kohlensauren Alkalien in Gewässern beschränkt; sondern die in denselben bei weitem mehr verbreitete, ja selten fehlende, kohlensaure Magnesia vermag dieselbe Zersetzung zu bewirken. Da übrigens die neutrale kohlensaure Magnesia, welche keineswegs zu den schwerlöslichsten Substanzen gehört, wohl eben so, wie das Bicarbonat, das Kalksilicat zersetzen wird: so ist denkbar, wie die an Kohlensäure ärmsten Gewässer, deren ganzer Kohlensäuregehalt zur Bildung des neutralen Magnesiacarbonats verwendet wird, noch zersetzend wirken können. Wenn auch die Gegenwart des Magnesiasilicats in Gewässern nicht zweifelhaft sein kann (B. I. S. 348 u. 510): so scheint doch dessen Menge gegen die des Magnesiacarbonats stets nur im untergeordneten Verhältnisse vorhanden zu sein, und dieser Umstand ist es, der dafür spricht, dafs das Magnesiacarbonat es ist, welches vorzugsweise jene Umwandlungen bewirkt.

Die allgemeine Verbreitung der kohlensauren Magnesia in den Gewässern weiset insbesondere auf die Nothwendigkeit hin, dafs es Processe in der Natur geben müsse, welche

dieses Carbonat verbrauchen. Das in den Gewässern noch mehr verbreitete Kalkcarbonat finden wir in ungeheuren Massen im Kalkgebirge, die kohlensaure Magnesia dagegen in ungleich geringeren Quantitäten in Dolomit u. s. w. Quellen, die vor unsern Augen fliefsen, wie *Carlsbad's* Thermen, die warme Soole von *Neusalzwerk,* setzen bedeutende Quantitäten Kalksinter ab, kaum aber Spuren von kohlensaurer Magnesia. Im *Carlsbader* Sprudelwasser beträgt die kohlensaure Magnesia $\frac{3}{5}$ vom kohlensauren Kalk; dagegen sind die Sprudelsteine ganz frei von Magnesia (Bd. I. S. 889). Schätzt man die Quantitäten Kalksinter im Thale von *Carlsbad,* (und das, was hierüber (S. 887 Note) mitgetheilt wurde, zeigt das Grofsartige dieser Absätze) nimmt man in Gedanken $\frac{3}{5}$ von der Masse dieser Absätze: so hat man eine Vorstellung von den grofsen Quantitäten kohlensaurer Magnesia, welche von den Quellwassern fortgeführt wurden, und noch täglich fortgeführt werden. Es ist nicht entfernt zu vermuthen, dafs sich dieses Carbonat, als solches, aus den abfliefsenden Gewässern auf ihrem weitern Laufe absetzen werde; denn wenn es sich nicht beim Erkalten der heifsen Quellen abscheidet, so ist noch viel weniger ein Absatz zu erwarten, nachdem sie durch die Gewässer der *Tepel*, *Eger* und *Elbe*, in welche sie sich ergiefsen, verdünnt worden sind.

Alle kohlensaure Magnesia in *Carlsbad's* heifsen Quellen, so wie in Quellen überhaupt gelangt daher in das Meer. Seit Quellen und Gewässer auf Erden fliefsen, ist dieses Carbonat ins Meer gekommen, und doch haben es erst die neueren Analysen des Meerwassers nachgewiesen. Wohin sind nun die ungeheuren Massen kohlensaurer Magnesia, welche das Meer seit Millionen Jahren aufgenommen hat, hingekommen? — Auf das Chlormagnesium im Meerwasser kann man nicht verweisen; denn es ist kein Procefs bekannt, wodurch das Magnesiabicarbonat in dieses Chlorür umgewandelt werden könnte. Absätze von kohlensaurem Kalke aus dem Meere finden statt, aber wie es scheint nur durch organische Thätigkeit (Bd. I. S. 975). Durch die Bildung der Muschelschalen werden alljährlich ungeheure Quantitäten kohlensaurer Kalkerde verbraucht. In den Skeletten der Infusionsthierchen finden wir keine Magnesia (Bd. I. S. 983); in den festen und flüssigen Theilen der Thiere kommt sie

überhaupt stets in viel geringerer Menge, als die phosphorsaure Kalkerde vor. Dagegen tritt sie in bedeutender Menge in den Fucus-artigen Meerespflanzen auf.

Im Verhältnisse zu den alljährlich in das Meer gelangenden und nicht zu schätzenden Quantitäten kohlensaurer Magnesia ist also der Verbrauch dieser Erde im submarinen Thierreiche äufserst gering, viel bedeutender indefs in der Meeresflora. Dafs aber dieser Verbrauch kein Aequivalent für die dem Meere zugeführten Quantitäten kohlensaurer Magnesia sein könne, leuchtet von selbst ein, und wenn auch alle diese Magnesia in die Meerespflanzen überginge: so würde sie doch, in welcher Verbindung sie darin auch sein mag, nach ihrer Fäulnifs wieder in das Meerwasser zurückkehren. Diefs ist also nur ein Kreislauf, wodurch keine permanente Abscheidung dieser Erde aus dem Meerwasser erfolgen kann. Es bleiben also nur unorganische Processe übrig, wodurch dem Meere die zugeführte kohlensaure Magnesia entzogen werden kann.

Einen solchen Procefs haben wir kennen gelernt. Was wird nun geschehen, wenn auf dem Meeresgrunde Gebirgsarten vorhanden sind, die Fossilien, wie Granat, Wernerit, Augit u. s. w. enthalten, oder wenn solche Gebirgsarten von den Meereswellen bespült werden? — Die Kalksilicate dieser Fossilien werden durch die kohlensaure Magnesia im Meerwasser zersetzt: an die Stelle der Kalksilicate treten Magnesiasilicate, und kohlensaurer Kalk wird vom Meerwasser aufgenommen. Je nachdem dieser Zersetzungsprocefs mehr oder weniger zur Vollendung kommt, bilden sich Glimmer oder Chlorit, Serpentin, Speckstein, Talk. Der kohlensaure Kalk, welcher sich zu denjenigen Quantitäten gesellt, welche dem Meere durch die Flüsse zugeführt werden, setzt uns nicht in Verlegenheit; denn wir wissen, dafs durch die Seethiere fortwährend dieses Carbonat abgeschieden und im Meeresgrunde vergraben wird.

Dafs jene Umwandlungen in talkhaltige Fossilien nicht blofs im Meere von statten gehen, sondern auch auf festem Lande, wenn Gebirgsarten, Fossilien enthaltend, die einer solchen Umwandlung fähig sind, welche kohlensaure Magnesia in Lösung haben, von Gewässern durchdrungen werden, ist von

selbst klar. Also auch in den über die Meeresfläche hervorragenden Gebirgen, in Spalten und in Drusenräumen, werden solche Umwandlungen erfolgen.

Es dürfte nicht uninterressant sein, zu berechnen, welche Quantitäten kohlensaurer Magnesia ein Strom, wie unser *Rhein*, dem Meere zuführt, und welche Quantitäten Speckstein daraus gebildet werden können, wenn dieses Carbonat Kalksilicate haltige Fossilien zersetzt. Nach Horner *) beträgt die mittlere jährliche Breite des *Rheins* bei *Bonn* 1126, die mittlere Tiefe 14 und die mittlere Geschwindigkeit 12390 par. Fufs in der Stunde. In 24 Stunden werden daher 4687 Millionen Cubikfufs Wasser vorbeigeführt. Das Rheinwasser (bei *Basel*) enthält in 10000 Th. 0,13511 Th. kohlensaure Magnesia **). In jener Wassermasse sind daher 4621956 Pfd. kohlensaure Magnesia enthalten, wovon die Magnesia, wenn sie sich nach dem Mischungsverhältnisse des Specksteins mit Kieselsäure verbände, 7221432 Pfd. oder 41288 Cubikfufs, oder eine Schicht Speckstein von 203 Fufs Länge und Breite und 1 Fufs Dicke geben würde. In einem Jahre würde eine Schicht von 3882 Fufs Länge und Breite und 1 Fufs Dicke gebildet werden. Man sieht aus diesem Beispiele, wie die kohlensaure Magnesia, welche von den Flüssen dem Meere zugeführt wird, und seit undenklichen Zeiten zugeführt worden ist, zu den grofsartigsten Bildungen talkhaltiger Fossilien hinreicht. Nothwendiger Weise mufs ein Verbrauch dieser Erde zu mineralischen Bildungen stattfinden, weil, ungeachtet dieser ununterbrochenen Zuführung, das Meerwasser noch lange nicht mit ihr gesättigt, oder auch nur dem Sättigungspuncte nahe ist.

So wie wir durch die Betrachtung der ungeheuern Quantitäten Kali, welche durch Zersetzung des Feldspaths ausgeschieden worden sind, zu der Frage geführt wurden (Bd. I. S. 846), welche Verwendung dieselben erhalten haben: so führten uns die vorstehenden Betrachtungen zu der Frage nach der Verwendung der kohlensauren Magnesia, welche fast in allen Gewässern enthalten ist. So wie wir für den Verbrauch des Kali im Mineralreiche vorzugsweise nur den zu den Um-

*) Poggend. Annal. Bd. XXXIII. S. 228.

**) Meine Wärmelehre. S. 124.

wandlungsprocessen in Glimmer finden konnten: so finden wir für den Verbrauch der kohlensauren Magnesia im Mineralreiche vorzugsweise nur den in Glimmer, Chlorit, Serpentin, Speckstein und Talk. Was die Umwandlung Kalksilicat haltiger Fossilien in Glimmer betrifft, so ist klar, dafs, wenn kohlensaures Kali und kohlensaure Magnesia gemeinschaftlich als Zersetzungsmittel auf die Kalksilicate wirken, die Bedingungen zur Glimmerbildung (Magnesiaglimmer) gegeben sind.

So modificirt sich denn auch das, was wir in Beziehung auf die Umwandlungen in Chlorit, Serpentin, Speckstein und Talk bemerkt haben (Bd. I. S. 794) dahin, dafs in denjenigen Fällen, wo Fossilien, Kalksilicate haltend, metamorphischen Processen unterworfen werden, blofs Umwandlungen stattfinden; dafs hingegen bei metamorphischen Processen, denen Fossilien unterliegen, welche keine Kalksilicate enthalten, reine Verdrängungen gedacht werden müssen. In die Kategorie der letzteren gehören z. B. die Umwandlungen des Quarz, Andalusits, Feldspaths u. s. w. in Speckstein. Bei Betrachtung des Specksteins, Talks und Chlorits kommen wir darauf wieder zurück.

D. Vesuvian (Idokras).

Der Vesuvian hat in geologischer Beziehung eine nur geringe Bedeutung; denn er ist weder ein wesentlicher Bestandtheil irgend einer Gebirgsart, noch kommt er überhaupt in solcher Menge in irgend einer vor, dafs er ihren Character etwa so verändern könnte, wie der Granat durch sein häufiges Auftreten im Glimmerschiefer den Character dieses Gesteins verändert. Ein Vorkommen der Vesuviane, wie am *Monzoniberg* in *Tyrol*, wo sie in Kalkspath eingewachsen und von grünem Augit begleitet, fast allein einen Felsen, oder mindestens eine mächtige Bank im Diorit bilden, gehört wohl zu den Seltenheiten.

Die Vesuviane haben ganz dieselbe Zusammensetzung wie die Kalkthongranaten; in chemischer Beziehung gilt daher von ihnen ganz dasselbe, was von diesen Granaten bemerkt wurde. Vergebens bemühte sich G. Magnus *), ir-

*) Poggend. Annal. Bd. XXI. S. 50.

gend einen, den Granaten fremden Bestandtheil, wie Flufssäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Phosphorsäure, Borsäure in den Vesuvianen aufzufinden. Von Alkalien zeigten sich nur Spuren; Borkowski *) fand schon früher in dem sogenannten Egeran 1 Proc. Kali, und Ficinus **) will darin bis 5 Proc. Natron gefunden haben. Auch Karsten ***) giebt 2,1 Proc. Natron an. Magnus macht aufmerksam, dafs der Sauerstoff der Kieselsäure immer etwas weniger beträgt, als der der Basen, wie nachstehendes zeigt.

	Sauerstoff der Kieselsäure	Sauerstoff der Basen
Vesuvian vom *Vesuv* . . .	19,4	22,5
„ „ von *Slaloust* . .	19,3	20,2
„ „ vom *Bannat* . .	20,1	20,7
„ „ von *Egg*	19,8	21,7

Die Vesuviane zeigen daher das umgekehrte von dem, was sich bei den Granaten ergeben hat (S. 478). Sofern daher diese Fossilien, wie jene, ursprünglich so zusammengesetzt sind, dafs der Sauerstoff der Kieselsäure gleich ist dem der Basen: so mufs, während bei den Granaten in Folge ihrer allmäligen Zersetzung Basen aus der Mischung treten, bei den Vesuvianen Kieselsäure sich ausscheiden. Woher dieser Unterschied rührt, ist gewifs sehr schwierig zu erklären. Sollte er vielleicht mit den verschiedenen Krystallformen im Causalzusammenhange stehen? — Ist in Folge allmäliger Zersetzung Kieselsäure aus der Mischung der Vesuviane getreten: so ist zu erwarten, sie theils in ihnen, theils in ihrer Nähe zu finden. Manchmal kommt auch der Vesuvian mit Quarz (*Kilranelagh* bei *Dublin*, *Souland* in *Norwegen*, *Grünstädtel* und *Zschorlau* in *Sachsen*) vor, und in den Krystalldrusen von *Haslau* unfern *Eger* finden sich die Zwischenräume manchmal mit Quarz ausgefüllt. Auf diese wenigen Fundorte können wir aber kein grofses Gewicht legen.

*) Schweigg. Journ. Bd. XXIII. S. 392.

**) Schriften der Dresdner mineral. Gesellschaft. Bd. I. S. 261.

***) Archiv für Mineral. Bd. IV. S. 391.

Ihr Vorkommen überhaupt ist entweder in einzelnen Krystallen, im Gebirgsgesteine eingewachsen, oder in Drusenräumen und auf Klüften in Serpentin, körnigem Kalk, Dolomit, Glimmerschiefer, Chloritschiefer, auf Erzlagerstätten und in den schon erwähnten Auswürflingen des *Monte Somma* (S. 464). Im körnigen Kalk zu *Auerbach* ist der mit Vesuvian und Granatparthieen gemengte Kalk im Hangenden und Liegenden mehrere Fufs mächtig.

Sie sind häufige Begleiter des Granats und in dieser Gesellschaft kommen auch Kalkspath, Epidot, Chlorit, Magneteisen und andere Erze vor. Auf der *Beresowaja Gora* finden sie sich in weifsem, derben Granat eingewachsen *). Oft füllen sie Granatkrystalle aus, oder der Granat erscheint auch als Kern in Vesuviankrystallen **). An den Vesuviankrystallen aus *Sibirien* bemerkt man kleine, undurchsichtige, granatförmige Körner von grünlich und gelblichweifser Farbe, die einzeln theils nur lose ansitzen, theils darin tiefer eingewachsen sind, sich aber doch leicht mit Hinterlassung einer entsprechenden Höhlung abtrennen lassen ***).

Man sieht, dafs beim Zusammenvorkommen der Vesuviane und Granaten bald diese, bald jene früher gebildet worden sind. Ihre chemische Identität macht einen solchen Wechsel in der Bildungsfolge begreiflich; wie es aber kam, dafs bald diese, bald jene Krystallform dieser dimorphen Fossilien sich entfaltete, diefs zu erklären, möchte aufserordentlich schwierig sein.

In der *Bermsgrüner* Lagergruppe (*Magdeburger Glück*) zeichnen sich hohle und zum Theil schalig zusammengesetzte Vesuviankrystalle besonders aus, die in kalkigem Gesteine mit Wollastonit eingewachsen sind, und im Querbruche abwechselnde Kalkstein- und Vesuvianringe bemerken lassen †).

Aus dem erwähnten Zusammenvorkommen der Vesuviane und Granaten, aus ihrer gleichen Zusammensetzung

*) G. Rose Reise. Bd. II. S. 131.

**) G. Leonhard in n. Jahrb. für Mineral. u. s. w. 1841. S. 75.

***) Klaproth's Beiträge. Bd. II. S. 34.

†) Freiesleben Mag. B. VI. S. 112 und Naumann Erläuter. St. II. S. 237.

schliefsen wir auf gleiche Bildung; es gilt daher von jenen dasselbe was von der Bildung und von den chemischen Verhältnissen dieser bemerkt wurde. Die oben angeführte Mengung des Vesuvians mit Kalkstein ist ein sehr eclatanter Beweis seiner Bildung auf nassem Wege.

Von den Krystallen, welche Klaproth beim Schmelzen des Vesuvians erhalten hatte, war schon oben (S. 474) die Rede. Nach seinen Erfahrungen *) ist die drusige Krystallisation der zarten Rinde, welche den geflossenen Vesuvian umgiebt, eine in ihrer Art einzige Erscheinung, von deren Beständigkeit er sich durch wiederholte Versuche überzeugte. Beim Vesuvian aus *Sibirien* nahm er indefs nach dem Schmelzen keine deutliche Spur einer solchen Krystallisation wahr.

Was wir beim Granat aus dieser Erscheinung gegen die Bildung desselben auf feuerflüssigem Wege geschlossen haben, gilt auch für den Vesuvian. Um so weniger ist aber von diesem Fossile eine solche Bildung anzunehmen, da die bei seinem Schmelzen erhaltenen Krystallformen in seiner Krystallreihe nicht möglich sind.

Was beim Granat (S. 470) über seine Zersetzbarkeit in Säuren bemerkt wurde, gilt auch vom Vesuvian. Fuchs **) fand, dafs sich derselbe nach dem Glühen durch Säuren vollständig aufschliessen lasse. Magnus konnte Vesuvian, ungeschmolzen, als feinstes, geschlämmtes Pulver selbst nicht nach längerem Digeriren mit Schwefelsäure zersetzen; nach dem Schmelzen und Pülvern löste er sich aber schon in der Kälte in Salzsäure unter bedeutender Erwärmung auf.

Zersetzungen des Vesuvians.

Der Vesuvian scheint im Allgemeinen weniger der Verwitterung unterworfen zu sein, wie der Granat. Diefs scheint im Zusammenhange mit dem bemerkten Umstande zu stehen, dafs beim Vesuvian nicht nur nicht die Basen, im Verhältnisse zur Kieselsäure, im geringern Verhältnisse, wie beim Granat, sondern sogar in gröfserem vorhanden sind.

*) Beiträge. Bd. II. S. 28.

**) Schweigg. Journ. Bd. XXIV. S. 376.

Einige interessante Verwitterungs-Verhältnisse des Vesuvians von *Arendal* beschreibt G. Leonhard *). Dieser erscheint oft in seiner Grundgestalt als Kern anderer Vesuviankrystalle, die jedoch Combinationen von jener sind. Die äufsere Rinde ist in einem sehr verwitterten, zerfressenen, häufig gebleichten Zustande, während der im Innern befindliche Kern noch frische, glänzende Farbe zeigt **). Oft hat es den Anschein, als ob mehrere Vesuviankrystalle gleichsam eingeschachtelt wären. So erscheint die Kernform häufig von einem concentrischen Kreise abgeleiteter Formen umgeben, und je mehr sich diese der äufsern Rinde nähern, desto matter, glanzloser und rauher wird die Oberfläche des Fossils. An einem Exemplare ist diese äufsere Rinde zerrissen, zerborsten und wieder durch einen frischen Vesuviankrystall verkittet.

Diefs ist ein offenbarer Beweis, dafs sich die Bildung der Krystalle in einer spätern Periode wiederholt hatte. Eine solche Wiederholung ist aber auf feuerflüssigem Wege durchaus nicht zu beweisen; denn wäre neue feuerflüssige Masse zugetreten, so würden die früher gebildeten Krystalle, wenigstens an den Ecken und Kanten, wieder zum Schmelzen gekommen sein. Die Erklärung auf nassem Wege hat dagegen nicht die mindeste Schwierigkeit; denn an denselben Stellen kann sich die Bildung von Fossilien in hunderttausende von Jahren von einander abstehenden Zeiträumen wiederholen, sofern nur Gewässer die Bestandtheile derselben enthaltend, wenn auch blofs tropfenweise, an solche Stellen gelangen. Diese Bildung kann und wird aussetzen, wenn die Krystalle leere Räume erfüllt haben. Kommen aber solche Krystalle durch irgend eine Veranlassung zum Bruche; entstehen dadurch Zwischenräume: so kann die Bildung von Neuem beginnen, so-

*) a. a. O.

**) Bei Granaten von der *Alpe della Mussa* in *Piemont* ist der entgegengesetzte Fall wahrzunehmen. Hier ist die Grundform, das Rautendodecaëder, von rothbrauner dunkler Farbe, schon in Verwitterung begriffen, aber umschlossen von bald ein- bald dreifach entkanteten Rautendodecaëdern, welche hellroth, von schaliger Textur sind und einen besondern Glanz besitzen.

fern die Wasser-Circulation noch fortdauert, und die Gewässer noch mit denselben Bestandtheilen beladen sind.

Glimmer nach Vesuvian.

Blum *) beschreibt zusammengehäufte meist rauhe und drusige Vesuviankrystalle von *Monzoni*. Nur hier und da sind einzelne Flächen glatt und glänzend, oder auch nur stellenweise, während Blättchen oder sechsseitige Täfelchen von weifsem oder gelblichweifsem Glimmer, häufig auf der Oberfläche sitzen und manchmal dieselbe ganz bedecken. An vielen Stellen drang auch der Glimmer ins Innere, so dafs man an durchbrochenen Krystallen selbst Gemenge des letzteren mit Vesuvian, dessen Masse etwas porös und nicht frisch ist, findet. Offenbar ist hier der Glimmer ein umgewandelter Vesuvian, obwohl die Umwandlung nicht bis zum Verschwinden des letzteren vorgeschritten ist.

Es wurde schon oben (S. 497) auf die auffallende Verschiedenheit zwischen Vesuvian und Granat aufmerksam gemacht, dafs, ungeachtet ihrer chemischen Identität, jener sich in Glimmer umwandeln kann, dieser aber dazu unfähig zu sein scheint.

Es ist sehr wohl zu begreifen, wie durch kohlensaures Kali und kohlensaure Magnesia diese Umwandlung von statten gegangen sein kann; indem an die Stelle von Kalksilicat, Kali- und Magnesiasilicat getreten ist. Nicht unbeachtet darf bleiben, dafs der in mehreren Vesuvianen gefundene Kalkgehalt schon auf eine Umwandlung in Glimmer deutet. Eine Analyse des pseudomorphosirten Glimmers dürfte um so leichter den Umwandlungsprocefs entziffern, da die Vesuviane in ihrer Zusammensetzung nicht sehr von einander abweichen; mithin die ursprüngliche Zusammensetzung leicht supponirt werden kann.

Speckstein nach Vesuvian.

Nach Blum *) scheinen manche Vesuviane von der *Alpe della Mussa*, welche sich dort mit Talk und Granat in

*) Die Pseudomorphosen. S. 137.

Serpentin finden, Spuren beginnender Umwandlung zu zeigen. Sie erscheinen etwas fettglänzend und weich, so dafs sie an manchen Stellen leicht mit dem Messer zu ritzen sind. Aehnlich verhalten sich die Vesuviane aus dem Serpentin an den *Nasimow*'schen Bergen im *Oerenburger* Gouvernement. Sie sind oberflächlich ganz weich, zum Theil auch voller Risse, zwischen welchen die Veränderung vorgeschritten ist, so dafs manchmal ein Gemeng aus Vesuvian und einer specksteinartigen Masse von der Form von jenem entsteht. Auch am Vesuvian vom *Monzoni* beobachtete er eine Umwandlung in Speckstein. Man sieht deutlich, wie die Veränderung an der Oberfläche und auch zwischen den schaligen Absonderungen beginnend, nach Innen vorschreitet. Das Aeufsere bleibt glatt und eben, auch ziemlich stark fettartig glänzend; Härte, Farbe und Durchscheinheit verändern sich oder verschwinden ganz.

Hinsichtlich des Chemischen gilt dasselbe, was bei der ähnlichen Umwandlung des Granats in Speckstein bemerkt wurde. Ueberhaupt wiederholen sich beim Vesuvian fast ganz dieselben Verhältnisse, wie wir sie beim Granat ausführlicher kennen gelernt haben. Es ist zu vermuthen, dafs wiederholte Beobachtungen an Vesuvianen auch Umwandlungen in Chlorit und Serpentin nachweisen werden. Vielleicht deutet das Vorkommen derselben in Serpentin und die Begleitung mit Chlorit, wie bei den Vesuvianen vom *Monte-Somma*, schon darauf hin. Klaproth *) bemerkt bei der Analyse dieses Vesuvians, dafs er durch Schlämmen der gepülverten reinsten Krystalle, die hier und da noch ansitzenden, grünlich weifsen, zarten Chlorit- und Glimmerblättchen abgesondert habe.

*) Beiträge Bd. II. S. 29.

Kap. IV.

Augit.

Die verschiedenen Arten des Augits spielen eine grofse Rolle im Mineralreiche; denn sie kommen, besonders gewisse Arten, nicht blofs sehr häufig vor, sondern erleiden auch die mannichfaltigsten Zersetzungen und Umwandlungen, so dafs sie Material zu vielen secundären Bildungen liefern. Sie sind Silicate mehrerer isomorphen Basen, namentlich der Kalkerde, Magnesia, des Eisen- und Manganoxyduls, und in den, in vulkanischen Gesteinen vorkommenden Abänderungen tritt noch Thonerde hinzu.

Wir ordnen die verschiedenen Augitarten, wie die Granaten, nach ihren vorherrschenden Basen, und folgen auch hierin Rammelsberg's Eintheilung. Wir stellen, um die normale Mischung dieser Fossilien kennen zu lernen, die Resultate der meisten Analysen zusammen, wobei wir uns jedoch blofs auf den Sauerstoffgehalt der Kieselsäure und den der Basen beschränken *). Es wird sich dann ergeben, welche von den analysirten Augitarten eine normale Zusammensetzung, und welche eine schon mehr oder weniger bedeutende Zersetzung erlitten haben. Es wird sich ferner bald die Richtung zeigen, welche die Zersetzungen nehmen. So weit als die Angaben der Chemiker, welche die Augite analysirt haben, reichen, werden

*) Der Sauerstoff der Kieselsäure und der Basen wurde nach den Atomengewichts-Tabellen von Berzelius (5te Auflage 1845) berechnet.

wir den Zustand derselben, ob sie frisch oder mehr oder weniger alterirt waren, mit ihrer Zusammensetzung vergleichen.

Es erschien als ein characteristisches Kennzeichen des Augits, dafs er nie in Krystallformen anderer Fossilien vorkomme. Wir werden aber auf Erscheinungen stofsen, welche diesem widersprechen und die Möglichkeit seiner secundären Bildung zeigen.

In den mineralogischen Werken wird angeführt, dafs der Augit von den Säuren sehr unvollkommen zerlegt werde. Die Kenntnifs dieses Verhaltens ist von Wichtigkeit, indem gröfsere oder geringere Zersetzbarkeit eines Fossils auf künstlichem Wege, durch unsere kräftigen Säuren, ein Maafsstab für seine Zerlegung durch die im Mineralreiche allgemein verbreitete schwache Kohlensäure ist; denn was jene in kurzer Zeit bewirken, leistet diese in einer sehr langen.

Drei mögliche Fälle sind denkbar: entweder wird ein Fossil von Säuren gar nicht angegriffen, oder es wird von denselben theilweise zerlegt, indem gewisse Bestandtheile aufgelöst werden, andere unaufgelöst zurückbleiben, oder es wird völlig aufgelöst. Der letztere Fall findet bei den Silicaten eigentlich nie statt; denn wenn die Säuren auch alle Basen extrahiren, so bleibt doch die Kieselsäure meist gallertartig zurück, und es würde nur dann glücken, diese gänzlich in Auflösung zu bringen, wenn man den Rückstand wiederholt und mit aufserordentlich grossen Quantitäten Säure behandelte. Die Säure würde hierbei nicht mehr einwirken, als eben so grosse Mengen Wassers. Die Flufssäure ist, wie sich von selbst versteht, auszunehmen; denn ihr widersteht, aufser den Fluorüren, kein Fossil, und da sie mit der Kieselsäure eine flüchtige Verbindung eingeht: so werden Silicate bei ihrer Behandlung mit dieser Säure nicht blofs vollständig zersetzt, sondern die Kieselsäure wird, besonders bei mitwirkender Wärme, in dieser Verbindung fortgeführt.

Will man die Wirkung einer Säure auf ein Fossil kennen lernen; so hat man vorher zu untersuchen, ob letzteres noch in völlig unverändertem Zustande sich befindet. Bei mehreren Gelegenheiten haben wir schon aufmerksam gemacht, dass ein solcher Zustand, im absoluten Sinne genommen, zu den grössten Seltenheiten gehört. Die bereits ein-

getretene Veränderung kann aber so gering sein, dafs sie für die Analyse unmerklich ist. Wird ein Fossil in diesem Zustande analysirt: so giebt die Analyse seine normale Zusammensetzung. Zeigen andere Krystalle dieses Fossils eine davon abweichende, ohne dafs sich jedoch eine merkliche Veränderung in den mineralogischen Kennzeichen erkennen läfst: so können wir gleichwohl an der wirklich eingetretenen Veränderung nicht zweifeln.

Ueberzüge von Eisenoxydhydrat, eingefressene und damit ausgekleidete Stellen und Löcher finden sich an Augitkrystallen, die ausserdem sehr unverändert aussehen, nicht selten. Verschiedene Farben an demselben Krystall, so am Diopsid die pistazien- oder ölgrüne Färbung, welche sich in das Grünlichweifse bis Farblose verläuft, deuten auf eine anfangende, jene eingefressenen Stellen auf eine schon sehr weit fortgeschrittene, wenn auch nur partielle Zersetzung.

Jene Ueberzüge von Eisenoxydhydrat und von kohlensaurem Kalk in so geringen Mengen an jenen Stellen, dafs sie selbst nicht mit bewaffnetem Auge erkannt werden können, werden von Säuren leicht aufgelöst. Vor der Prüfung des Verhaltens der Säuren zu den Augitkrystallen mufs man daher jene fremdartigen Substanzen, obwohl sie gewifs nichts anderes als Zersetzungsproducte sind, entfernen.

Einige Augitkrystalle, hier und da etwas angefressen, seit undenklichen Zeiten im *Laacher-See* gelegen, und aus denen das Seewasser gewifs alles Ausziehbare weggenommen hatte, wurden nach der Reihe auf folgende Weise geprüft. Destillirtes Wasser wurde über ihnen eine Zeitlang gekocht, um alle atmosphärische Luft, die in Poren oder in feinen Spalten eingeschlossen sein konnte, zu entfernen. Beim nachherigen Zugiessen von Salzsäure wurde genau beobachtet, ob nicht Gasbläschen aufstiegen; es war aber auch nicht ein einziges wahrzunehmen. Die Augite enthielten also nicht eine Spur von Carbonaten; dennoch färbte sich die verdünnte Säure etwas grüngelblich, und diese Färbung nahm beim Kochen zu. Die qualitative Prüfung der sauren Flüssigkeit zeigte die Gegenwart von Eisenoxyd, Kalkerde und Magnesia. Nach gehörigem Auswaschen der Augite übergofs man sie mit concentrirter Salzsäure und liefs sie über Nacht in gelinder Di-

gestionswärme stehen. Diefs wurde viermal wiederholt und jedesmal löste sich etwas Eisen auf, wie die grünlichgelbe Färbung der Säure zeigte. Die Prüfung der letzten Säure gab, ausser dem Eisen, Spuren von Kalkerde und Magnesia, wie bei der Prüfung des ersten Extracts, zu erkennen. Als noch zweimal Salzsäure auf die Augite gegossen wurde, und jedes Mal fünf Tage darüber in gewöhnlicher Temperatur stehen blieb, färbte sie sich nicht mehr. Beim gelinden Erwärmen des letzten Aufgusses erschien aber bald wieder die grünlichgelbe Färbung.

Es ergiebt sich hieraus, dafs Salzsäure in gelinder Digestionswärme den Augit in kurzer Zeit angreift; denn das, was später ausgezogen wurde, konnte kein Zersetzungsproduct gewesen sein, da ein solches, wenn es vorhanden war, gewifs schon bei der ersten Behandlung mit der Säure entfernt wurde. Die kalte Säure zeigte zwar keine Einwirkung, selbst nicht in viel längerer Zeit; bei einer sehr lange fortgesetzten Einwirkung würde aber gewifs auch eine solche den Augit angreifen; denn ein absoluter Unterschied zwischen der Wirkung einer warmen und einer kalten Säure ist nicht zu denken.

Ebenso wenig ist an einer allmäligen Einwirkung der Kohlensäure auf den Augit zu zweifeln, obgleich gewifs sehr lange Zeiträume erforderlich sein mögen, ehe sie merklich wird. Welches Agens, ausser der Kohlensäure, könnte es auch sein, welches die Augite zur Verwitterung bringt, und nach und nach eine gänzliche Umwandlung der Basen, vorzugsweise der Kalkerde, in Carbonate bewirkt? — Dafs der atmosphärische Sauerstoff durch Oxydation des Eisenoxyduls in den Augiten die Wirkung der Kohlensäure unterstützt, versteht sich von selbst; davon war auch schon mehrmals die Rede.

Schon oben (S. 473) wurde bemerkt, dafs die Augite nach dem Schmelzen und Erstarren von Säuren nicht mehr angegriffen werden, als im ungeschmolzenen Zustande.

A. Thonerde freie Augite.

I. Kalk - Talk - Augite.

Die berechnete Menge der Sauerstoffantheile der Basen gründet sich auf die Voraussetzung, dafs sie die Hälfte des Sauerstoffs der Kieselsäure betrage.

	Sauerstoff der Kieselsäure	Basen gefunden	Basen berechnet	Differenz zwischen d. berechneten u. gefundenen Menge
1) Bläulichgrüner Augit von *Pargas*. Nordenskiöld [1]	28,77	15,20	14,385	+ 0,815
2) Augit v. *Längbanshyttan*. Reuterskōld [2]	27,81	14,62	13,905	+ 0,715
3) Diopsid von *Tammare* in *Finnland*. Bonsdorff [3]	28,46	14,65	14,23	+ 0,42
4) Diopsid aus dem *Fassathale*. Wackenroder [4]	28,12	14,79	14,06	+ 0,73

1) Schweigg. Journal Bd. XXXI. S. 427.
2) Berzelius Jahresb. XXV. S. 362.
3) Schweigg. Journal Bd. XXXI. S. 159.
4) Kastner's Archiv Bd. XIII S. 97.

	Sauerstoff der Kieselsäure	Basen gefunden	Basen berechnet	Differenz zwischen d. berechneten u. gefundenen Menge
5) Weisser Malakolith von *Orrijerwi* in *Finnland*. H. Rose [1])	28,37	14,99	14,185	+ 0,805
6) Gelblicher Malakolith von *Längbanshyttan* in *Wärmland*. H. Rose [2])	28,72	14,25	14,36	— 0,11
7) Ein anderer Malakolith von diesem Fundorte. Hisinger [3])	28,13	14,45	14,065	+ 0,385
8) Weifser Malakolith von *Tjötten* in *Norwegen*. Trolle-Wachtmeister [4])	29,80	13,31	14,90	— 1,59
9) Grünlicher Sahlit von *Sahla* in *Schweden*. H. Rose [5])	28,48	14,31	14,24	+ 0,07
10) Desgleichen. Derselbe [6])	32,82	12,86	16,41	— 3,55

1) Schweigg. Journal. Bd. XXXV. S. 93.
2) Ebend. S. 94.
3) Ebend. S. 94.
4) Ebend. Bd. XXX. S. 334.
5) Ebend. Bd. XXXI. S. 100.
6) Ebend. S. 102.

	Sauerstoff der Kieselsäure	Basen gefunden	Basen berechnet	Differenz zwischen d. berechneten u. gefundenen Menge
11) Desgleichen. Derselbe [1]	30,16	13,23	15,08	— 1,85
12) Von derselben Stufe am entgegengesetzten Ende. Derselbe.	30,27	13,39	15,135	— 1,745

In den Augiten 1 bis 5 so wie 7 und 9 finden sich die Basen in grösserer Menge, als die Kieselsäure sie fordert; indefs da die Differenz zwischen gefundenem und berechnetem Sauerstoffgehalt der Basen nur 0,07 bis 0,815 Proc. beträgt: so kann dieser Ueberschufs wohl den unvermeidlichen Fehlern in der Analyse zugeschrieben werden; wir sind daher berechtigt, diese Augite für wirkliche Bisilicate zu halten. Beim Malakolith 6 ist die Uebereinstimmung zwischen dem gefundenen und berechneten Sauerstoffgehalt so genau, als man nur erwarten kann. Bei den übrigen Augiten 8, 10 11 u. 12 überwiegt aber der berechnete Sauerstoffgehalt den gefundenen so sehr, dafs eine theilweise Ausscheidung der Basen angenommen werden mufs, wenn auch diese Augite dem Gesetze unterworfen, d. h. Bisilicate sein sollen.

Der Malakolith 8 war weifs, spielte aber an mehreren Stellen mehr oder weniger ins Schmutzigblaue. Die Oberfläche war auch fleckenweise rostbraun angelaufen, ohne dafs sich jedoch die Textur des Fossils oder seine Ebenheit verändert hatte. Die Eisenfarbe drang nicht tief unter die Oberfläche. Beim Erhitzen wurde er dunkelgrau und in geschlossenen Gefässen fast schwarz. Die weifse Farbe stellte sich in einer sehr erhöhten Temperatur wieder her. In einer Stufe unter mehreren fand sich körniger kohlensaurer Kalk in der Richtung des Längenbruchs eingesprengt. Er brauste stark

1) Ebend. S. 105.

mit Säuren. Die Bestimmung des Kohlensäuregehaltes in verschiedenen Stücken, in denen mit der Lupe kein Kalkspath zu erkennen war, gab sehr abweichende Resultate. Im Kolben geglüht gab er kein Wasser.

Dieser Malakolith war daher schon einer theilweisen Zersetzung in Eisenoxydhydrat und kohlensauren Kalk unterworfen. Da sein Eisenoxydul nur 0,2 Proc. betrug, so konnte sich nur eine unbedeutende Menge Hydrat ausscheiden, was auch mit jener Beschreibung übereinstimmt. Die allmälige Ausscheidung von Kalk konnte aber einen bedeutenden Ausschlag geben, da derselbe 23 Proc. ausmachte. Die Schwärzung beim Erhitzen zeigt die Gegenwart organischer Ueberreste an, welche durch die Gewässer eingeführt wurden. Dafs kein Wasser beim Glühen entwich, ist in Uebereinstimmung mit dem geringen Eisengehalte des Fossils, wonach nur eine äusserst geringe Menge Wassers in chemische Verbindung treten konnte, selbst wenn alles Eisen zu Hydrat geworden wäre. Der Kieselsäure-Ueberschufs, den die Analyse giebt, rührt nicht von einer Beimischung schon ursprünglich vorhanden gewesener Kieselsäure her, wie Trolle-Wachtmeister meint, sondern ist ohne Zweifel die Folge einer theilweisen Ausscheidung und Fortführung eines Theils der Basen. Es ist also nur eine relative Zunahme von Kieselsäure.

Die Analyse der Sahlite 9—12 liefert sehr interessante Verhältnisse. Der Sahlit 9 gab mit dem Stahle Funken, und war vor dem Löthrohre schmelzbar. Andere Sahlite dagegen, obgleich jenem im Aeufsern ähnlich, waren vor demselben fast ganz unschmelzbar. Beim Erhitzen im Kolben wurden sie schwarz; im offenen Feuer brannten sie sich aber weifs. Ihre Farbe war der von No. 9 gleich, ihr Glanz aber weit schwächer und ihre Härte so gering, dafs sie sich schon durch den Nagel ritzen liefsen.

Der Sahlit 10 gab im Glühen 4,1 bis 4,9 Proc. Wasser, während die gewöhnlichen Malakolithe durch Glühen nie einen Verlust erlitten, der 1 Proc. betrug. Das Wasser hatte einen brenzlichen Geruch. Da die Analyse einen grofsen Ueberschufs an Kieselsäure gab, so wiederholte sie H. Rose zweimal; er erhielt aber immer dasselbe Resultat. Den Was-

sergehalt und die abweichende Zusammensetzung schreibt er beigemengtem Speckstein oder Serpentin zu, und um so mehr, da diese Fossilien dicht neben Sahlit in grofser Menge vorkommen. Ein ånderer Sahlit, der sich im Aeufsern von den gewöhnlichen nicht unterschied, zeigte deutliche Einmengungen von Serpentin. Es ist von Interesse, die Zusammensetzung des unveränderten Sahlits (9) und der veränderten (10. 11 u. 12) neben einander zu stellen.

	(9)	(10)	(11)	(12)
Kieselsäure	54,86	60,65	58,08	58,08
Kalkerde	23,57	4,97	11,24	9,89
Magnesia	16,49	25,20 mit Mangan	22,28	24,22
Eisenoxydul	4,44	4,18	5,30	4,24
Manganoxyd	0,42	0,79	—	0,68
Thonerde	0,21	4,20	0,47	0,11
Wasser	—	—	3,11	3,11
	99,99	99,99	100,48	100,33

Hieraus geht unverkennbar hervor, dafs die Veränderung des Sahlits, dem allgemeinen Gesetze der Zersetzung Kalksilicate - haltiger Fossilien entsprechend (S. 489), in einer Verminderung der Kalkerde und in einer Vermehrung der Magnesia besteht. Es fand also ein Austausch zwischen jener und dieser Statt und wahrscheinlich dadurch, dafs Gewässer, kohlensaure Magnesia haltend, das Kalksilicat zersetzten und als Kalkcarbonat fortführten, während Magnesiasilicat an die Stelle jenes Silicats trat (S. 490). Dieser Zersetzungsprocefs erfolgte, wie in den meisten Fällen, durch Aufnahme von Wasser, welches das wasserhaltige Magnesiasilicat bildete, wie wir es im Serpentin, Speckstein, Talk u. s. w. finden. Die Mischung der in Zersetzung begriffenen Sahlite 10, 11 und 12 nähert sich indefs bei weitem mehr der Zersetzung des Specksteins als der des Serpentins. Es durften in 10 nur noch 2 Proc. Magnesia hinzutreten und die übrigen Basen fortgeführt werden, und man hat die normale Mischung des Specksteins. Dafs übrigens die Magnesia in geringerem Verhältnisse zu - als die Kalkerde fortgeführt wurde, ergiebt sich aus der relativen Zunahme der Kieselsäure. Die Zusammensetzung

von 11 und 12, der entgegengesetzten Enden derselben Stufe, zeigt übrigens, wie der Zersetzungsprocefs an verschiedenen Stellen eines Krystalls ungleich von Statten gehen kann; denn 12 ist offenbar in der Zersetzung weiter vorgeschritten, als 11. Obgleich die pseudomorphosirten Fossilien unzählige Beispiele solcher, in verschiedenen Richtungen fortschreitenden Zersetzungen liefern: so ist es doch von grofsem Interesse, diese Erscheinung auch durch die chemische Analyse an einem Fossile nachgewiesen zu sehen, welches an seinen beiden Enden wahrscheinlich keine merkliche Verschiedenheit in seinem Aeufsern gezeigt haben mag.

H. Rose bemerkt, dafs die Blätterdurchgänge bei den weichen Sahliten, die Serpentin enthalten, sehr undeutlich sind. Ohne Zweifel ist diefs eine Folge der schon weit vorgeschrittenen Zersetzung.

In obigen Analysen der veränderten Sahlite zeigt sich kein Verlust, sondern im Gegentheil ein kleiner Ueberschufs; es ist daher nicht zu vermuthen, dafs merkliche Quantitäten von Alkalien in ihnen vorhanden waren. Da aber bei den vorstehenden Augit-Analysen nicht auf Alkalien geprüft wurde: so möchte vielleicht eine Wiederholung dieser Analysen, namentlich mit mehr oder weniger alterirten Augiten, hier und da Spuren von Alkalien nachweisen lassen. Diefs möchte vielleicht bei dem von Trolle-Wachtmeister analysirten Malakolith (8) der Fall sein, da sich bei diesem der bedeutende Verlust von 2,13 Proc. ergab, und da das oben Bemerkte hinlänglich zeigt, dafs dieses Fossil schon in einer Veränderung begriffen war.

II. Kalk-Eisenoxydul-Augite.

	Sauerstoff der Kieselsäure	Basen gefunden	Basen berechnet	Differenz
1) Hedenbergit von *Tunaberg* in *Södermanland*. H. Rose[1])	25,45	12,74	12,725	+ 0,015

1) A. a. O. S. 97.

	Sauerstoff der Kieselsäure	Basen gefunden	Basen berechnet	Differenz
2) Schwarzer Augit von *Arendal.* Wolff [1])	24,81	12,53	12,405	+ 0,125
3) Schwarzer krystallisirter Augit von *Taberg* in *Wärmland.* H. Rose [2])	27,71	12,12	13,855	— 1,735
4) Rothbrauner Malakolith von *Dagerö* in *Finnland.* Berzelius [3])	25,96	12,28	12,98	— 0,70
Augit von *Nordmark.* Funk [4])	27,09	13,13	13,545	— 0,415

Die Augite 1 und 2 zeigen die Mischung von Bisilicaten so nahe, als nur immer erwartet werden kann. Bei den Augiten 3, 4 und 5 erkennt man aber deutlich, dafs von ihren Basen schon etwas verloren gegangen war, wodurch ihr Kieselsäuregehalt relativ zugenommen hatte.

III. Kalk-Manganoxydul-Augite.

	Sauerstoff der Kieselsäure	Basen gefunden	Basen berechnet	Differenz
1) Rother Mangankiesel von *Långbanshyttan.* Berzelius [5])	24,92	12,01	12,46	— 0,45

1) Journal f. pract. Chemie. Bd. XXXIV. S. 236.
2) Ebend. S. 99.
3) Afhandl. i. Fysik T. II. p. 208.
4) Jahresb. XXV. S. 362.
5) Schweigg. Journal. Bd. XXI. S. 254.

	Sauerstoff der Kieselsäure	Basen gefunden	Basen berechnet	Differenz
2) Desgleichen von *Algier*. Ebelmen [1])	23,62	12,52	11,81	+ 0,71
3) Desgleichen von *St. Marcel* in *Piemont*. Derselbe.	24,08	12,21	12,04	+ 0,17

Auch diese Fossilien haben die Mischung von Bisilicaten. Dieselben sind einer eigenthümlichen Zersetzung fähig, wovon unten die Rede sein wird.

IV. Kalk-Talk-Eisenoxydul-Augite.

	Sauerstoff der Kieselsäure	Basen gefunden	Basen berechnet	Differenz
1) Grüner Malakolith v. *Björmyresoeden* in *Dalekarlien*. H. Rose [2])	28,08	13,52	14,04	— 0,52
2) Desgleichen von demselben Fundorte. Derselbe	28,32	13,75	14,16	— 0;41
3) Desgleichen von demselben Fundorte. d'Ohsson [3])	29,74	13,57	14,87	— 1,30

1) Compt. rend. T. XX. P. 1418.
2) A. a. O. S. 98.
3) Schweigg. Journal. Bd. XXX. S. 351.

	Sauerstoff der Kieselsäure	Basen gefunden	Basen berechnet	Differenz
4) Augit von *Nordmark.* Funk [1]	27,09	13,13	13,545	— 0,415

Keiner dieser Augite zeigt die Normalmischung der Bisilicate: in jedem ist die Menge der Basen geringer, als sie sein sollte und im vorletzten ist die Differenz bedeutend. H. Rose bemerkt, dafs sich die beiden von ihm analysirten Malakolithe in der Härte, Farbe, Durchsichtigkeit, im Striche und Glanze fast vollkommen gleichen, dafs sie von demselben Fundorte sind und doch in ihren Bestandtheilen eine bis auf 3 Proc. steigende Abweichung zeigen. Noch mehr tritt diese Abweichung in 3 hervor. Es kann daher nicht zweifelhaft sein, dafs diese Augite schon mehr oder weniger von ihren Basen eingebüfst hatten, und es scheint, dafs die Kalk-Talk-Eisenoxydul-Augite besonders zur Zersetzung geneigt sind.

B. Thonerdehaltige Augite.

Die theoretische Deutung der Zusammensetzung dieser Augite hat den Chemikern viel zu schaffen gemacht. Da die Thonerde mit den andern Basen, welche sich im Augit finden, nicht isomorph ist: so kam man auf die Vermuthung, dafs sie ein elektronegativer Bestandtheil sei, und einen Theil der Kieselsäure ersetze. Um wenigstens eine wahrscheinliche Ansicht von der normalen Zusammensetzung dieser Augite zu gewinnen, und danach beurtheilen zu können, auf welche Weise ihre beginnende Zersetzung sich äufsert, stellen wir die dazu brauchbaren Analysen in zwei Reihen zusammen.

In der ersten Reihe ist der Sauerstoff der Thonerde zu dem der Basen, in der zweiten zu dem der Kieselsäure gerechnet.

1) Berzelius Jahresb. XXV. S. 362.

	Kiesel-säure.	Sauerstoff der Basen	Kiesels. u. Thonerde.	Basen.
1) Augitkrystall aus dem Augitporphyr vom *Zigolonberg* im *Fassathale* . .	26,04	15,34	27,92	13,46
2) Vom *Gillenfelder Maar* in der *Eifel*. Vier Analysen von Bruchstücken desselb. Fossils	25,85	16,01	28,97	12,89
	24,43	16,81	26,85	14,39
	25,32	16,65	27,65	14,32
	25,64	16,21	28,44	13,41
3) Augitkryst. aus dem *Rhöngebirge* . . .	26,34	16,55	29,36	13,53
4) vom *Aetna* .	26,25	15,42	28,52	13,15
5) Aus der Lava vom *Vesuv* . . Diese Analysen sind sämmtlich von J. Kudernatsch [1]	26,43	16,02	28,94	13,51
6) Augit von *Frascati*. Klaproth [2] . . .	24,92	15,15	27,26	12,81

1) Poggend. Annal. Bd. XXXVII. S. 577 ff.

2) Beiträge. Bd. V. S. 166. Klaproth analysirte mehrere Augite; allein der von der *Saualpe* ist ganz deutlich eine Hornblende, der schlackige von *Sicilien* kommt nicht krystallisirt vor und soll Obsidian sein, die gemeinen Augite vom *Rhöngebirge* kommen auch nicht krystallisirt vor. Es bleibt also blofs der oben angeführte Augit von *Frascati* übrig.

	Kiesel-säure.	Sauerstoff der Basen	Kiesels. u. Thonerde.	Basen.
7) Augitkryst. aus dem Basalttuff der *azorischen* Insel *Pico*. Hochstetter[1])	26,17	13,21	27,57	11,81
8) Augit von *Ostheim* unfern *Hanau*. C. Gmelin[2]) . . .	29,49	14,89	36,65	7,37
9) Brauner Augit von *Pargas*. Nordenskiöld[3]) . .	26,90	14,68	29,97	11,61

Ein oberflächlicher Blick auf Vorstehendes zeigt, dafs in den Augiten 1—6, mag man die Thonerde der Kieselsäure oder den Basen zutheilen, weder der Sauerstoff der Kieselsäure noch der der Kieselsäure und Thonerde zusammen genommen das Duplum des Sauerstoffs der Basen ist. Im letzteren Falle, wo die Thonerde als elektronegativer Bestandtheil genommen wurde, nähert sich das Verhältnifs allerdings mehr, als im ersteren, wo diese Erde den Basen zugetheilt wurde, dem Duplum. Mit Ausnahme des zweiten Bruchstücks, des Augits vom *Gillenfelder Maar*, ist indefs die Sauerstoffmenge der Basen stets etwas kleiner, als die Hälfte der Sauerstoffmenge der elektronegativen Bestandtheile. Dieser Umstand, der diejenigen Mineralogen, welche die Zusammensetzung der Fossilien als etwas constantes und normales betrachten, in Verlegenheit setzen müsste, kann uns nicht befremden, da wir erkannt haben, dafs, streng genommen, kein Fossil von längst vollendeter Bildung mehr seine ursprüngliche Zu-

1) Journ. für pract. Chemie. Bd. XXVII. S. 375.
2) N. Jahrb. 1840. S. 549.
3) Bidrag. S. 76.

sammensetzung haben kann. So wie wir bei mehreren der früher betrachteten Augite zur Annahme geführt wurden, dafs sie im Laufe der Zeit mehr oder weniger von ihren Basen verloren haben mufsten: so könnten wir, wenn in der normalen Mischung der thonerdehaltigen Augite die Sauerstoffantheile der Kieselsäure und der Thonerde das Doppelte von denen der Basen betragen, gleichfalls voraussetzen, dafs aus diesen Fossilien schon mehr oder weniger von den Basen fortgeführt worden sei.

Sind wir aber berechtigt, die Thonerde zu den elektronegativen Bestandtheilen zu zählen? — Kudernatsch bemerkt, dafs es ihm zwar gelungen sei, einen ziemlich constanten Thonerdegehalt in den von ihm untersuchten Augiten nachzuweisen, dafs aber unter den Sauerstoffmengen der Bestandtheile ein Verhätnifs stattfindet, welches, nach den gegenwärtigen Anforderungen der Wissenschaft, es eben so unbegründet und willkührlich erscheinen läfst, wenn man die Thonerde zu den elektronegativen, als wenn man sie zu den elektropositiven Bestandtheilen rechnet. Am meisten nähere man sich den gefundenen Resultaten, wenn man die Kieselsäure ein Bisilicat, und die Thonerde mit dem geringen Ueberschusse an Basen ein Trialuminat bilden lasse. Allein, fügt er hinzu, so lange man nicht solche Aluminate mit entsprechender Krystallform nachweisen kann, dürfte diese Ansicht keinen höheren Werth haben, als jene, wonach man die Thonerde als unwesentlich aus der Mischung ganz wegläfst. Die gefundenen Resultate nähern sich dann ebenfalls einem Bisilicat.

Dafs die thonerdehaltigen Augite nichts als Bisilicate einatomiger Basen sein können, ergiebt sich, meint Rammelsberg *), aus dem Vorhandensein der übrigen Augit-Varietäten, mit denen sie in allen anderen Beziehungen identisch sind.

Stände es bei allen übrigen Fossilien fest, dafs eine gleiche Krystallform ein gleiches Verhältnifs zwischen den Sauerstoffantheilen der elektropositiven und der elektronegativen Bestandtheile bedingte: so würden wir es, um dieses Verhältnifs bei den thonerdehaltigen Augiten mit dem bei den

*) Erstes Suppl. znm Handwörterbuch. S. 18.

thonerdefreien in Uebereinstimmung zu bringen, allenfalls für gerechtfertigt halten, in jenen die Thonerde zu den elektronegativen Bestandtheilen zu zählen. Da aber bei gleicher Krystallform das Verhältnifs des Sauerstoffs der Bestandtheile ein sehr schwankendes sein kann, wie die Turmaline darthun: so können wir eine Berechtigung zu jener Annahme nicht finden, und um so weniger, da Aluminate mit einer dem Augite entsprechenden Krystallform nicht nachgewiesen sind.

Zu diesen theoretischen Betrachtungen werden wir geführt, weil uns die normale Mischung der thonerdehaltigen Augite bekannt sein mufs, wenn wir beurtheilen wollen, welchen Zersetzungen sie im Allgemeinen unterworfen sind. Für diesen Zweck reicht es hin, diejenige Mischung unter den obigen thonerdehaltigen Augiten aufzusuchen, in welcher die Sauerstoffantheile der Basen, im Verhältnisse zum Sauerstoff der Kieselsäure, das Maximum betragen; denn ein solcher Augit wird die geringste Menge von seinen Basen verloren haben, und seine Mischung wird daher der ursprünglichen normalen am nächsten kommen. Diefs ist der Fall beim Augitkrystall vom *Gillenfelder Maar*, Bruchstück *b*. Hier verhält sich der Sauerstoff der Kieselsäure zu dem der Basen sehr nahe wie 3 : 2. Berechnen wir nach diesem Verhältnisse die Sauerstoffantheile der Basen in den thonerdehaltigen Augiten 1—6: so erhalten wir

	Sauerstoff der			
	Kieselsäure	Basen		
		gefunden	berechnet	Differenz
1)	26,04	15,34	17,36	— 2,02
2) *a.*	25,85	16,01	17,23	— 1,22
b.	24,43	16,81	16,29	+ 0,52
c.	25,32	16,65	16,88	— 0,23
d.	25,64	16,21	17,09	— 0,88
3)	26,34	16,55	17,56	— 1,01
4)	26,25	15,42	17,50	— 2,08
5)	26,43	16,02	17,62	— 1,60
6)	24,92	15,15	16,61	— 1,46

Mit Ausnahme von 2) *b* ist also in allen diesen Augiten die berechnete Menge der Basen gröfser als die gefundene. Unter der Voraussetzung, dafs das obige Verhältnifs 3 : 2 die ursprüngliche normale Mischung der thonerdehaltigen Augite repräsentirt, würden also alle übrigen Augite schon mehr oder weniger von ihren Basen eingebüfst haben.

Kudernatsch, auf dessen sorgfältige Analysen wir unsere Betrachtungen stüzten, bemerkt, wie es ihm in der That scheine, dafs eine Verunreinigung der Krystalle mit einer fremden Substanz die Ursache sei, wefshalb die Analysen kein entscheidendes Resultat geben. Denn man findet höchst selten Krystalle, die in ihrem Innern durchgängig eine frische, homogene Beschaffenheit zeigen; sie sind vielmehr sehr häufig von kleinen Klüften und verwitterten Stellen unterbrochen. So zeigten die Augitkrystalle vom *Zigolonberg*, beim Zerschlagen im Innern, häufig Klüfte, die mit Eisenthon ausgefüllt zu sein schienen. Offenbar hatte also dieser Augit schon einen Theil seines Eisenoxyduls und damit wahrscheinlich auch etwas Kalk verloren. Obgleich er zur Analyse die reinsten Stückchen ausgesucht hatte: so konnten doch auch diese von ihren Basen schon etwas verloren haben, und diefs erklärt denn auch die bedeutende Differenz zwischen den gefundenen und berechneten Basen. Kudernatsch weiset selbst darauf hin, dafs die verschiedenen Bruchstücke des Augits vom *Gillenfelder Maar* in ihrer Mischung verschieden zu sein scheinen, wie diefs auch H. Rose beim grünlichen Sahlit von *Sahla* und beim grünen Malakolith von *Björmyresoeden* (S. 517 u. 521) gefunden hat. Auch H. Rose bemerkt, dafs namentlich zwichen den Lamellen der grofsen Augitkrystalle, welche schöne und deutliche Krystallflächen haben, oft deutliche Einmengungen und so viele Spuren des Muttergesteins sitzen, dafs sie mit blofsen Augen entdeckt werden können. Auch dieser Umstand wird Einflufs auf das Schwankende der Resultate der Analysen haben.

Der Augit 7 zeichnet sich sowohl durch seinen geringen Thonerdegehalt (2,99 Proc.), als auch durch die grofse Menge Eisenoxydul (22 Proc.) aus. Er schliefst sich daher an die Abänderungen Hedenbergit und Malakolith an. Abstrahirt man

von seinem geringen Thonerdegehalte, wie ja auch unter den, zu den thonerdefreien Augiten gezählten Augiten mehrere sich finden, welche kleine Mengen dieser Erde enthalten (der von Nordenskiöld analysirte Augit enthält sogar 2,83 Proc.): so kann man ihn gleichfalls zur Classe der thonerdefreien Augite zählen. Um so mehr dürfte man dazu berechtigt sein, da dieser Augit wirklich ein reines Bisilicat zu sein scheint.

Der Augit 8, welcher im Basalt vorkommt, ist in obiger Zusammenstellung nur defshalb aufgenommen worden, weil er sich durch seinen grofsen Thonerdegehalt (15,32 Proc.) und durch seinen Gehalt an Natron (3,14 Proc.) und Kali (0,34 Proc.) auszeichnet; denn für die Zusammensetzungsart der thonerdehaltigen Augite kann er keine Bedeutung haben, da er nicht krystallisirt, sondern nur in derben, knolligen Massen vorkommt und sowohl seine verschiedene Färbung, als jene Bestandtheile zeigen, dafs er schon in starker Zersetzung begriffen ist. Es dürfte daher auch nur ein Zufall sein, dafs seine Mischung der eines Bisilicats sehr nahe kommt.

Ob nicht auch die übrigen Augite Alkalien enthalten, ist nicht ermittelt, da Kudernatsch nur einmal Flufssäure zum Aufschliefsen anwandte, und in diesem Augit (vom *Gillenfelder Maar*) freilich kein Alkali fand. Da sich indefs geringe Verluste, die jedoch beim Augit vom *Aetna* bis auf 1,33 stiegen, ergaben: so könnte eine Wiederholung der Analysen Alkalien finden lassen. Klaproth fand bei der Analyse des Augits von *Frascati* eine Spur Kali. Da man indefs in dem schönen auskrystallisirten Augit von diesem Fundorte viele fremde Einmengungen entdeckt: so könnte jenes Kali von diesen herrühren.

Die Zusammensetzung des Augits 9 nähert sich mehr dem Sauerstoffverhältnisse von 1 : 2 als dem von 2 : 3. Da er amorph zu sein scheint und, wie die braune Farbe schliefsen läfst, schon in einem zersetzten Zustande sich befinden mochte: so können aus seiner Zusammensetzung keine Schlüsse gezogen werden.

Es scheint demnach, dafs das Sauerstoffverhältnifs der Basen zur Kieselsäure wie 2 : 3 allgemein für die normale

Zusammensetzung aller krystallisirten thonerdehaltgen Augite gelten möchte.

Vorkommen der Augite.

Der Diopsid findet sich in Zoll langen, lichte grünlichgrauen, durchscheinenden Krystallen auf Gängen in dem an vielen schönen und ausgezeichneten Fossilien reichen Chloritschiefer zu *Achmatowsk* unweit *Slaloust* im *Ural*. Seine Begleiter sind Granat, Chlorit, Apatit, Titanit, Vesuvian, Magneteisenerz und Perowskit. Unter diesen kommen Granat, Chlorit und Diopsid am häufigsten, und gewöhnlich in Drusen zusammen vor.

Es hält schwer, sich ein richtiges Bild von der Bildung dieses Diopsids zu machen. Mit Granat und mit 12,6 Proc. Wasser-haltigem Chlorit finden wir ihn. Sollte er die ursprüngliche Ausfüllung des Ganges gewesen und aus ihm Granat, Vesuvian, Magneteisen und Chlorit hervorgegangen sein? — Diopsid kann sich, wie wir später sehen werden, in Hornblende und diese in Chlorit umwandeln. Die Hornblende hätte daher den Uebergang vom Diopsid zum Chlorit bilden können; aber von dieser findet sich nichts auf jenem Gange. Auf der andern Seite verwirrt uns das Vorkommen in Drusen in Begleitung des Granats und Chlorits, und aufgewachsen auf einem innigen Gemenge beider Fossilien. Das aufgewachsene Fossil ist doch immer als ein später gebildetes zu betrachten. Wenn nun aber der wasserhaltige Chlorit früher dagewesen sein sollte, als der Diopsid, wie anders, als auf einem, dem plutonischen ganz fremden Wege hätte er entstehen müssen? —

Schon oben (S. 460) haben wir den Diopsid in Gesellschaft sehr verschiedenartiger Fossilien im *Breitenbrunner Zug* im *Erzgebirge* angeführt. Wir bemerkten dort, der Granat, einer aus dieser Gesellschaft, komme mit einer Sippschaft von Fossilien, gröfsten Theils von so reinem neptunischem Gepräge vor, dafs nicht zu begreifen wäre, wie der Vulkan sich hätte Eingang verschaffen können. Was anders können wir vom Diopsid sagen? — Auffallend ist es, dafs wir ihn auch hier, wie am *Ural*, in Begleitung von Chlorit, Granat, Ve-

suvian und Magneteisen finden; nur dafs er hier seltener vorkommt, und dabei Hornblende nebst den vielen oben genannten Fossilien auftritt. In ähnlicher Gesellschaft treffen wir ihn in der *Wildenauer* Lagergruppe *). Auch im *Klobensteiner Zug* finden wir ihn in einem festen Gesteine zwischen Glimmerschiefer, welches vorwaltend aus gemeinem grünlichem Granat mit etwas Hornblende, Strahlstein u. s. w. zusammengesetzt ist **). Zu *Schwarzenstein* in *Tyrol* treffen wir ihn gleichfalls in Begleitung von Chlorit, Granat und Hornblende auf Klüften im Hornblendegestein. Sein Auftreten im Serpentin in ausgezeichneten Krystallen mit Glimmer und Granat (*Alpe de la Mussa* und im *Fichtelgebirge*) ***), ist nicht schwierig zu deuten; denn da sich andere Augitarten in Serpentin umwandeln können: so ist diese Umwandlung auch vom Diopsid nicht zu bezweifeln; dieser wäre dann blofs für ein noch nicht umgewandeltes Ueberbleibsel zu halten. Sein Vorkommen in körnigem Kalk (*Straschkau* und *Heinzengraben* in *Mähren*) widerstrebt am meisten der Vorstellung einer plutonischen Bildung.

So wie im *Erzgebirge* der Diopsid auf Erzgängen vorkommt, so ist es auch beim Malakolith oder Sahlit der Fall, und beide finden sich oft in Gesellschaft, wie namentlich auf dem vorhin erwähnten *Breitenbrunner Zug* †).

Auch der Malakolith findet sich sehr häufig im körnigen Kalk und im Kalkspath. Zwischen *Grünstädtel* und *Crandorf* im *Erzgebirge* enthält der Glimmerschiefer mehrere Lagermassen eines, durch innige Beimengung verschiedener Silicate äufserst fest gewordenen Kalksteins. Nur selten sind in dem sehr festen, grünlichen, zuweilen von dunklen Glimmerschüppchen durchzogenen Gesteine einzelne Fossilien (Sahlit, Pistazit, Schieferspath, Flufsspath, Blende) ausgeschieden; häufiger findet man sie dagegen in Klüften, welche nach allen

*) Naumann's Erläuterungen. Heft II. S. 236.

**) Ebend. S. 225.

***) Schneider in Goldfufs und Bischof's Beschreibung des Fichtelgebirges. Bd. II. S. 182.

†) Vergl. Freiesleben Magazin Heft VI. S. 91. — Naumann's Erläut. Heft II S. 235 ff.

Richtungen durchsetzen und Sahlit, Diopsit, edlen Granat, Egeran, Chlorit, Hornblende, Strahlstein, Prehnit, Axinit, Glimmer, Asbest, Quarz, Schieferspath, Flufsspath, Blende, Kupferkies, Kupferlasur, Malachit und rothen Braunstein enthalten. Die an andern Orten getrennten Glieder, Grünstein und Kalkstein, sind also hier zu einem Gemenge vereinigt *). Wir kommen darauf bei der Hornblende wieder zurück.

Auf dem Magneteisensteinlager der *Agegrube* in *Schweden* kommt neben Hornblende viel Quarz vor, der zuweilen Malakolith einschliefst, welcher auch hin und wieder in Drusenhöhlen auskrystallisirt ist **). Zu *Sahla* sind die Malakolithkrystalle meist in Bleiglanz, seltener in Kalkspath eingewachsen, ja er scheint nur mit dem Bleiglanz zugleich oder in dessen Nähe vorzukommen, so dafs seine Bildung gewissermafsen abhängig von der jenes Erzes sein dürfte ***). Bemerkenswerth ist, dafs eckige Bruchstücke von körnigem Kalk wiederum in Menge in Bleiglanz eingeschlossen sind.

Im Königlichen Mineralien-Cabinet zu *Berlin* sah ich Sahlitkrystalle in Bleiglanz und Blende eingewachsen, unter denen einer zersprungen und der Zwischenraum mit Blende ausgefüllt war. Die Blende hatte sich also später als der Sahlit gebildet. In einer andern Stufe trat noch Kalkspath hinzu, welcher unstreitig von späterer Bildung als Bleiglanz und Blende ist. Ein Kalkspathkrystall war zersprungen und der Zwischenraum mit neuem Kalkspath ausgefüllt. Kalkhaltige Wasser flossen also durch diese Erzlager noch lange nach der Bildung der übrigen Fossilien.

Die Eigenthümlichkeit der *skandinavischen* Erzlager, wasserfreie und wasserhaltige Silicate, die sehr gewöhnlich in plutonischen Gesteinen vorkommen, zu enthalten, hebt Daubrée mit Recht hervor. Einige dieser Silicate, wie der Malakolith, meint er, dürften theilweise aus Elementen der umschliefsenden Felsarten entstanden sein. Wir können damit

*) Freiesleben geognost. Arbeiten. Bd. V. S. 34.

**) G. Suckow die bedeutendsten Erz- und Gesteinslager im schwedischen Urgebirge 1831. S. 41.

***) Daubrée's Skandinaviens Erzlagerstätten. Deutsch von G. Leonhard S. 42.

nur übereinstimmen; jedoch dürfte unsere Ansicht, daſs das Material nur auf nassem Wege herbeigeführt worden sein konnte, sich bei ihm wenig Eingang verschaffen.

Der Kokkolith findet sich, wie die beiden vorhergehenden Augitarten, gleichfalls im körnigen Kalk und auf Erzlagerstätten in *Schweden* und *Norwegen*. Bei *Arendal* bildet er häufig eine Bestegmasse zwischen dem Eisensteine und dem Gneiſse, und ist dann gewöhnlich mit Hornblende und körnigem Granat gemengt. Sonst kommt er überall in kleineren Parthien in Eisensteinlagern vor *).

Wir halten es für überflüssig, weitere Beweise für die Bildung des Diopsids, Malakoliths und Kokkoliths auf nassem Wege aufzusuchen. In den angeführten Fundorten ist an eine andere Bildungsart durchaus nicht zu denken, wie jedem Unbefangenen einleuchten muſs.

Der gemeine Augit, in Krystallen und in derben Massen, hat, wegen seines so sehr verbreiteten Vorkommens in häufig auftretenden Gebirgsmassen, unter den Augitarten die gröſste geologische Bedeutung. Er ist ein wesentlicher Gemengtheil des Basalts, Dolerits, Augitporphyrs, Melaphyrs, des basaltischen Mandelsteins und der Laven, sowohl von noch thätigen Vulkanen (*Vesuv*, *Aetna*, *Stromboli*), als von längst erloschenen (Umgegend des *Laacher-See's*, *Eifel*, *Auvergne*, *Teneriffa*, *Bourbon* u. s. w.). Häufig werden wohl ausgebildete Augitkryställe in Menge von Vulkanen lose ausgeworfen, wie vom *Stromboli*; eben so finden sie sich im vulkanischen Sande, von verschiedenen Eruptionen des *Vesuv's* herrührend, so wie in basaltischen und vulkanischen Tuffen. Der Augit findet sich auch als eigenthümliche Felsart im Augitfels am *Lherzsee* und im Thale *Vicdessos* in den *Pyrenäen*. Endlich wird er auch auf Lagern im älteren Gebirge angetroffen, wie zu *Arendal* in *Norwegen* (im Gneiſs) *Wärmeland*, *Bolton* in *Nordamerika* u. s. w.

Der Augit in Laven, in vulkanischen Tuffen u. s. w. ist unstreitig feuerflüssigen Ursprungs. Es ist nicht einmal wahrscheinlich, daſs Augitkrystalle erst später aus amorpher

*) Weibye in Karsten's und von Dechen's Archiv Bd. XXII. S. 472.

augitischer Masse herauskrystallisirt sind; denn in diesem Falle müfste man sie vorzugsweise in Drusenräumen finden; in Höhlungen überhaupt kommen aber deutliche Krystalle nur sparsam vor *).

Sind die Basalte, Dolerite, Augitporphyre, Melaphyre u. s. w. durchaus plutonischen Ursprungs: so mufs dieses auch von dem darin enthaltenen Augit gelten. Läfst sich aber ein solcher Ursprung ganz evident beweisen? — So weit als der dermalige Stand der Wissenschaft es gestattet, werden wir am Schlusse dieses Kapitels diese Frage erörtern.

Zersetzungen und Umwandlungen der Augite.

Oben (S. 511) wurde schon im Allgemeinen bemerkt, welche Veränderungen die Augitkrystalle erleiden. Das Folgende wird uns eine Reihe mannichfaltiger Zersetzungen und Umwandlungen dieses Fossils, wie wir sie kaum bei anderen Fossilien wieder finden, kennen lernen. Verfolgen wir jedoch das Chemische dieser Processe, so sehen wir, dafs dieselben gröfsten Theils dieselbe Richtung nehmen.

Hornblende nach Augit.

Mit dem Namen Uralit bezeichnet G. Rose **) Krystalle, welche mit der Form des Augits die Structur und Spaltbarkeit der Hornblende verbinden. Er fand sie zuerst am *Ural* (daher der Name) und zwar aufserordentlich verbreitet; später jedoch auch in andern Ländern. Der Uralit kommt am *Ural* nur in Krystallen, eingewachsen in einer eigenthümlichen Abänderung des Augitporphyrs vor. Hier findet er sich in der gewöhnlichen Krystallvarietät des gemeinen Augits und in Zwillingsverbindungen dieser Form. Allein so übereinstimmend die Form des Uralits mit der des Augits ist, so verschieden ist doch deren Structur. Die Krystalle sind nämlich

*) v. Leonhard's Basaltgebilde. Bd. I. S. 210.

**) Ueber den Uralit in der Reise nach dem *Ural* u. s. w. Bd. II. S. 347 ff. Vergl. auch Blum die Pseudomorphosen. S. 154 ff.

nur spaltbar nach zwei Richtungen, die über der secundären Fläche *r*, unter einem Winkel von 124° 30′, also wie die Spaltungsflächen der Hornblende, gegen einander geneigt sind.

Zuweilen kommt der Uralit im Augitporphyr mit Augit zusammen vor, ist aber dann stets regelmäſsig mit diesem verwachsen, wie man dieſs am ausgezeichnetsten in den Augitporphyren von *Muldakajewa* bei *Miask* sieht. Die Uralitkrystalle sind von verschiedener Gröſse. Die kleineren haben im Innern ganz das gewöhnliche Ansehen des Uralits; die gröſseren besitzen aber einen mehr oder weniger groſsen Kern von Augit, der eine lichte grasgrüne Farbe und Glasglanz hat, und sich dadurch von der schwärzlichgrünen Hülle unterscheidet, in welche er sich indeſs verläuft. Dieser Kern hat ganz das Ansehen, wie das Innere der Augitkrystalle, die an anderen Orten für sich allein im Augitporphyr vorkommen, er findet sich aber stets in regelmäſsiger Verwachsung mit dem umgebenden Uralit. Die Spaltungsflächen des Augits liegen mit denen des Uralits in einer Zone, und sind den äuſsern Flächen desselben parallel. In den gröſseren Krystallen ist der Augitkern oft sehr groſs und nimmt dann fast das ganze Innere ein, indem die Masse des Uralits nur einen schmalen dunkler gefärbten Rand um denselben bildet. In andern Krystallen, besonders in kleinern, ist dieser Kern nur klein, und bildet oft nur ein lichtes Pünktchen im Innern der schwärzlichgrünen Masse und in anderen fehlt er ganz. Die Schmelzbarkeit der Massen vor dem Löthrohre ist hier wie da, wo sie einzeln vorkommen, beim Augit nur gering, beim umgebenden Uralit viel gröſser. Sollte dieſs vielleicht von aufgenommener Fluſssäure herrühren? —

Was die Frage betrifft, wofür der Uralit zu halten sei, so hat er, nach dem Vorhergehenden, mit der Hornblende, wie mit dem Augit, so viele Aehnlichkeit, daſs man nicht entscheiden kann, ohne in eine nähere Vergleichung beider, so nahe verwandten Mineralien einzugehen. Betrachtet man die Form der Hornblende und des Augits, so sieht man, daſs bei den einfachsten Combinationen die Unterschiede in den Winkeln zwischen beiden nicht abweichender sind, als sie häufig bei isomorphen Species, wofür man bei der Aehnlichkeit der Winkel die Hornblende und den Augit halten könnte,

vorkommen. Wollte man jedoch auch beide Mineralien hinsichtlich ihrer Formen, abgesehen davon, daſs manche secundäre Flächen nur der Hornblende, andere nur dem Augit eigen sind, auf einander zurückführen, und, gestützt auf die groſse Aehnlichkeit in anderen Eigenschaften, beide in eine Gattung vereinigen: so treten anderer Seits zu groſse Verschiedenheiten diesem entgegen. Sind aber Hornblende und Augit zwei ganz verschiedene Gattungen: so kann man über die Uralitkrystalle bei den Beziehungen, in denen sie zu einander stehen, nur zwei Ansichten haben: man muſs sie entweder für ächte oder für Afterkrystalle der Hornblende halten.

Zu der Annahme, die Uralitkrystalle seien ächte Hornblendekrystalle, könnte man durch die übereinstimmende Spaltbarkeit beider veranlaſst werden. Der Uralit würde in diesem Falle als eine neue, bisher noch nicht betrachtete Combination der Hornblende zu betrachten sein. Wenn dieſs auch möglich wäre, so muſs man doch auf der andern Seite beachten, daſs bei demselben Flächen auftreten, die noch nie bei der Hornblende auch nur untergeordnet, geschweige denn so vorherrschend, wie in diesem Falle beobachtet wurden.

Gegen die Annahme, der Uralit sei ächte Hornblende, führt aber G. Rose noch das geognostische Vorkommen des Uralits an, da dieser, wie auch der Augit, in den Augitporphyren häufig mit Labrador vorkomme, während kein Fall bekannt sei, daſs ächte Hornblende, welche nicht mit Augit regelmäſsig verwachsen wäre, oder die Form desselben besäſse, von Labrador begleitet würde. Dagegen ist jedoch zu erinnern, daſs sich Hornblende in Basalten nicht selten findet, und daſs gar oft nicht entschieden werden kann, wenn die Gesteine sehr feinkörnig sind, ob die feldspathige Grundmasse Labrador oder Albit ist.

Für die Annahme, die Uralite seien Afterkrystalle der Hornblende, sprechen besonders Verwachsungen, die so häufig zwischen Augit und Hornblende stattfinden. Stets sind gröſsere Augitkrystalle mit kleinern Hornblendekrystallen, nie umgekehrt gröſsere Hornblendekrystalle mit kleinern Augitkrystallen regelmäſsig besetzt. Die Verwachsung beider Substanzen zeigt sich jedoch auf zweierlei Weise: entweder

sind die Hornblendekrystalle nur an die Augitkrystalle angewachsen, wie man diefs an einer Druse von Sahlit von *Arendal* in der königlichen Mineraliensammlung zu *Berlin* sehen kann, welche an einer Seite mit einer krystallinischen, schwärzlichgrünen Hornblende bedeckt ist, die auch in einzelnen kleinen Krystallen auf den Seitenflächen der Augitkrystalle aufsitzt. Diese kann man mit dem Messer absprengen, ohne dafs in jenen Eindrücke zurückbleiben. Oder die Hornblendekrystalle sind in die Augitkrystalle eingewachsen und können, ohne zu zerbrechen, nicht abgesprengt werden. Die sehr gedrängt neben einander auf den Seitenflächen der Sahlitkrystalle sitzenden Hornblendekrystalle ziehen sich in das Innere von jenen; die Hornblendemasse schneidet aber ganz scharf an der Augitmasse ab; Farbe und Lage der Spaltungsflächen lassen beide auf das Bestimmteste unterscheiden. Dasselbe findet auch beim grünen Augit vom *Baikalsee* statt. Die Krystalle sind mit vielen schmalen, weifsen Hornblendeprismen bedeckt, deren Masse sich auch mehr oder weniger tief in's Innere des Augits hineinzieht.

Am interessantesten in dieser Hinsicht sind aber die grünlichschwarzen Krystalle von *Arendal*, welche gewöhnlich ein sehr verschiedenes Ansehen haben. Einige dieser Krystalle haben glänzende und glatte, andere stellenweise matte, wieder andere vollkommen drusige Flächen. Das matte und drusige Ansehen rührt auch hier von kleinen Hornblendeprismen her, die auf der Oberfläche sitzen, und den Augitkrystall so vollständig bedecken, dafs er nur in der Richtung der Flächen jener Hornblendeprismen spiegelt, während seine eignen Flächen gar nicht sichtbar sind. Bei den Krystallen, die äufserlich gefleckt und stellenweise mit kleinen Hornblendeprismen bedeckt sind, sieht man beim Zerschlagen, wie sich die Hornblendemasse mehr oder weniger in's Innere zieht. Oft sind es nur wenige Hornblendestreifen, welche in's Innere dringen; welches zuweilen auch ganz mit Hornblendemasse erfüllt ist. In den äufserlich ganz drusigen Krystallen sieht man dagegen von den Spaltungsflächen des Augits nicht die geringste Spur; man findet nur die der Hornblende *).

*) Eine ausgezeichnete Stufe dieser Art, auf der die beschriebenen

Diese Hornblendekrystalle sind innerlich mit eisenhaltigem Kalkspath erfüllt und brausen mit Säuren. Oft ist dieser zersetzt und statt seiner sind Höhlungen entstanden, die nur zum Theil mit Eisenocher ausgefüllt sind; andere bestehen aber im Innern aus einer vollkommen homogenen Hornblendemasse, in welcher man weder durch Unterschied in der Farbe, noch durch Spiegelung die geringste Spur von Augitmasse sehen kann.

Dieser vollkommene Uebergang beim Augit von *Arendal* von äufserlich glänzenden Krystallen, die im Innern nicht die mindeste Spur von Hornblendemasse enthalten, bis zu den äufserlich drufsigen Krystallen, welche im Innern nicht die geringste Spur von Augit zeigen, obgleich sie die äufsere Form des letzteren haben, macht die Vorstellung einer Verwachsung von Augit- und Hornblendemasse wenig wahrscheinlich. Vielmehr drängt sich hier der Gedanke auf, dafs dieser ganze Uebergang durch allmälige Umänderung der Masse des Augits in die der Hornblende hervorgebracht wurde; jene Krystalle sind daher Afterkrystalle der Hornblende. Was aber von den aufgewachsenen Krystallen gilt, hat auch Bezug auf die eingewachsenen Uralitkrystalle, bei welchen, wie beim Uralit von *Muldakajewa*, ganz dieselbe Verwachsung vorkommt, und die daher ebenfalls für umgeänderte Augitkrystalle zu halten sind. Die Uralitkrystalle, welche noch einen Kern von Augit haben, sind noch nicht vollständig, die ohne diesen Kern vollständig umgewandelt. G. Rose hatte bei dem so häufigen Vorkommen des Augitporphyrs im *Ural* Gelegenheit, diesen Uebergang von Anfang an zu beobachten; denn auch bei den völlig unversehrt scheinenden, grasgrünen Augitkrystallen von *Nikolajewska* bei *Miask* fand er beim Zerschlagen verschiedener Krystalle schon einzelne Stellen von Hornblende, die von der Oberfläche bis tief ins Innere des Augits gingen. Auch diese sind, da aufserdem in der ganzen Masse des Augitporphyrs keine Hornblende vorkommt, für eine anfangende Umwandlung zu halten. Bei den eingewachsenen Krystallen ist demnach diese Umwandlung nicht immer ganz allmälig von aufsen nach innen vor sich gegangen, sondern oft auch,

Verhältnisse deutlich zu erkennen sind, habe ich im Königlichen Mineralien-Cabinet zu *Berlin* gesehen.

durch kleine Risse und Spalten begünstigt, schnell ins Innere gedrungen, wie man diefs bei den Krystallen von *Arendal* ganz deutlich wahrnehmen kann.

Auffallend, bemerkt G. Rose, bleibt freilich die grofse Regelmäfsigkeit, mit welcher diese Umänderung erfolgt ist. Sind die Uralite in der That Afterkrystalle der Hornblende, so bieten sie das erste Beispiel dar, dafs Afterkrystalle Spaltungsflächen haben; denn gewöhnlich besteht ihr Inneres aus einer mehr oder weniger grobkörnigen bis dichten, oder aus einer faserigen Masse. Dagegen ist zu erinnern, dafs ja auch pseudomorphosirter Glimmer, Chlorit u. s. w. Spaltungsflächen haben. Uebrigens sind mittlerweile Pseudomorphosen bekannt geworden, in denen die Spaltungsflächen der ursprünglichen Fossilien beibehalten worden sind, wie bei der Umwandlung der Hornblende und des Augits in Speckstein (siehe unten). Bei Umwandlungen in Fossilien, welche keine selbstständige Krystallgestalt und keine regelmäfsigen Spaltungsflächen haben, wie diefs beim Speckstein der Fall ist, können natürlich keine neuen Spaltungsflächen erscheinen. Warum sollten aber nicht, wenn das pseudomorphische Fossil eine selbstständige Krystallform und Spaltungsflächen hat, diese bei der Umwandlung zum Vorschein kommen können, ohne dafs sich die äufsere Form zu ändern brauchte? — Es würde ja nur eine Veränderung der innern Structur mit Beibehaltung der äufsern Form sein.

G. Rose bemerkt übrigens, dafs im Augitporphyr, nördlich von *Pyschminks*, neben den gewöhnlichen Uralitkrystallen, andere mit rundlichen Flächen vorkommen, an denen die Augitform nur schwierig noch zu erkennen ist, und wieder andere, die schon ganz kugelig geworden sind. Diese letzteren haben keine regelmäfsigen Spaltungsflächen, sie bestehen aus excentrisch- oder verworren-faserig zusammengesetzten Individuen, und sind also gewöhnlichen Afterkrystallen analog. Da sie indefs die übrigen Eigenschaften der regelmässig gebildeten Uralite haben, und auch in diese völlig übergehen: so sind sie gewifs nur für ungeänderte Augitkrystalle zu halten. In diesem Falle ist daher die Umwandlung des Augits in Uralit nicht so regelmäfsig, wie in den obigen Fällen von statten gegangen.

Dieselben Verwachsungen mit Hornblende, wie bei den auf- und eingewachsenen Krystallen des Augits, trifft man auch bei anderen Abänderungen an, wo sich die Krystalle nur als unregelmäfsig begrenzte Individuen eingewachsen finden, wie beim Hypersthen und Diallag. Die Körner des Hypersthens aus dem Hypersthenfels von *Penig* in *Sachsen* sind an den Rändern, wo sie an Labrador grenzen, so wie an den Seiten kleiner Risse, die sie öfters durchziehen, mit Hornblende verwachsen, welche stets, nach dem oben angegebenen Gesetze, mit dem Hypersthen verknüpft ist. Ebenso ist auch der Diallag des Gabbro von der *Baste* am *Harz*, und noch viel ausgezeichneter der vom Dorfe *La Presse* im *Veltlin*, da wo er an den Labrador grenzt, mit Hornblende verwachsen. Die Verwachsung des Diallag von der *Baste* ist schon von Köhler *) beschrieben worden; sie findet nur an den Rändern statt. Bei dem Gabbro von *Veltlin* ist aber die Hornblende gegen den Diallag meist überwiegend. Wo die Gemengtheile des Gabbro kleinkörnig sind, bestehen sie allein aus Hornblende und Labrador, und nur die gröfseren Körner der Hornblende haben noch einen mehr oder weniger grofsen Kern von Diallag. Auch der Smaragdit im Euphodit vom *Baacher* in *Steyermark* ist eine solche Verwachsung von Augit und Hornblende. G. Rose hält diese Verwachsungen, und gewifs mit allem Rechte, für begonnene Umwandlungen des Augits in Hornblende, wiewohl diefs, da diese Substanzen nur unregelmäfsig mit dem angrenzenden Labrador oder Saussurit verwachsen sind, bei dem fehlenden Beweise der äufsern Augitform nur nach der Analogie behauptet werden kann.

Solche Umwandlungen des Diallag und Hypersthen sind um so weniger zu bezweifeln, da diese Fossilien durch die schon mehr oder weniger gegen die Magnesia zurückgedrängte Kalkerde der Hornblende schon viel näher gerückt sind, als der Augit.

Interessant ist G. Rose's Bemerkung **), dafs sich Augit- und Uralitkrystalle im Augitporphyr des *Urals* nie zu-

*) Poggend. Annal. Bd. XIII. S. 105.

**) Reise. Bd. II. S. 575.

sammen finden, es sei denn in regelmäfsiger Verwachsung mit einander, so dafs die Augitmasse den Kern eines Uralitkrystalls bildet. Aufserdem erscheinen sie stets von einander getrennt, und man kann demnach recht gut eigentliche Augitporphyre, die nur Augit enthalten, von den Uralitporphyren unterscheiden. Nach ihm kommt der Uralit auch in verschiedenen andern Gegenden vor: in den Augitporphyren in der Nähe von *Predazzo* in *Tyrol*, in den Geschieben der *südbaltischen Ebene*, zu *Mysore* in *Ostindien*, auf den *Jungfern-Inseln* in *Westindien* und am *Tunguragua* in *Quito*.

Blum *) stimmt diesen Ansichten vom Uralit um so mehr bei, als sie in der Natur der Sache begründet sind, und als er aufserdem Gelegenheit hatte, die Umwandlung des Augits in Hornblende auch an Augiten anderer Gegenden zu beobachten. Die grünen Varietäten, welche besonders dem Malakolith zukommen, und mit Magneteisen zu *Traversella* in *Piemont* vorkommen, sind im unveränderten Zustande durchscheinend, glasglänzend, berggrün in's grasgrüne übergehend, seltener bräunlichgrün. Mit beginnender Umwandlung werden sie aber undurchsichtig und oft seideglänzend. Unter der Loupe erscheint dann auf der Oberfläche ein höchst feinfaseriges Aggregat von Individuen, die parallel der Hauptaxe laufen. An andern Krystallen, wo die Umwandluug als weiter vorgeschritten angenommen werden kann, haben sich ganz deutlich erkennbare Individuen von Hornblende gebildet, die, ebenfalls parallel der Hauptaxe an einander gereiht, einem feinstrahligen Strahlstein durchaus ähnlich sind. Wo die Umwandlung in Strahlstein ganz vollendet erscheint, treten aus der zugerundeten Masse einzelne Strahlstein-Individuen so deutlich hervor, dafs man den stumpfen Winkel der Hornblende sehr gut zu erkennen vermag. Auf den Bruchflächen sieht man die von G. Rose beobachtete Erscheinung, dafs einzelne Hornblende-Streifen in die noch unveränderte Augitmasse eingedrungen sind.

Auch an einem lichte grünlichweifsen Augit aus der *Orange-County* in *New-York* sieht man nicht nur deutlich die strahligen Individuen, welche sich der Länge der Krystalle nach

*) A. a. O. S. 162.

gebildet haben, sondern man erkennt auch den stumpfen Winkel der Hornblende ganz genau. Auch hier bemerkt man Grammatitstreifen, welche in die Augitmasse hineindringen.

Worin besteht nun das Chemische in der Umänderung des Augits in Uralit? — G. Rose bemerkt, dafs im Allgemeinen die Hornblende mehr Kieselsäure als der Augit zu enthalten scheine, und dafs in allen Hornblendearten Flufssäure, gewöhnlich nur ½ Proc., nie bis 1 Proc. (Bd. I. S. 486) oder doch wenigstens Spuren davon vorkommen: ein Bestandtheil, der den Augiten gänzlich fehlt. Danach könnte man die Umwandlung des Augits in Hornblende sich als eine Aufnahme von Kieselsäure mit etwas Flufssäure denken. Diefs ist aber nicht wahrscheinlich. Blum erkannte gewifs ganz richtig, dafs bei dieser Umwandlung Kalkerde ausgeschieden und Magnesia aufgenommen wird. Um so weniger kann man an diesem Austausche zweifeln, da der oben bemerkte eisenhaltige Kalkspath in Hornblendekrystallen nichts anderes, als ein Zersetzungsproduct des Augits sein kann.

Nachstehende Zusammenstellung zeigt überdiefs, dafs aus dem Augit Kalkerde ausgeschieden und dagegen Magnesia aufgenommen werden müsse, wenn derselbe sich in Hornblende umwandeln soll:

	Kalkerde		Magnesia		
	Minim.	Max.	Minim.	Max.	
Thonerdehaltige Augite .	18	24	12	17	Proc.
Thonerdehaltige Hornblende	10	14	21	27	„

Das Maximum des Kalkerdegehalts in den Hornblenden erreicht also noch nicht das Minimum desselben in den Augiten und umgekehrt erreicht das Maximum der Magnesia in den Augiten noch nicht das Minimum derselben in den Hornblenden.

Bemerkenswerth ist, dafs in nachstehender Analyse des Uralits vom See *Baltym* bei *Katharinenburg*, nach Kudernatsch, der Gehalt an Kalkerde und an Magnesia einander sehr nahe gleichkommen, die Magnesia aber doch noch etwas überwiegt: ein Verhältnifs, wie wir es auch bei einigen andern Hornblenden wiederfinden. Jener Analyse fügen wir bei die einer Hornblende von der Eisensteingrube *Normarken* in

Schweden nach v. Bonsdorff, deren Resultate eine grofse Aehnlichkeit mit denen des Uralits zeigen.

	Uralit	Hornblende
Kieselsäure . . .	53,05	48,83
Kalkerde	12,47	10,16
Magnesia	12,90	13,61
Eisenoxydul . . .	16,37	18,75
Manganoxydul . .	—	1,15
Thonerde . . .	4,56	7,48
Flufssäure . . .	—	0,41
Wasser	—	0,50
	99,35	100,89

Demnach reiht sich die Umwandlung des Augits in Hornblende nicht blofs an die weiter unten angeführten Umwandlungen jenes Fossils, wobei stets Kalkerde ausgeschieden wird, sondern überhaupt an den allgemeinen Umwandlungsprocefs, dem alle Fossilien erliegen, welche Kalksilicat enthalten. Die Umwandlung des Augits in Hornblende scheint der erste Act zu sein, wobei nur das relative Verhältnifs der Kalkerde und Magnesia sich ändert; denn in den thonerdehaltigen Augiten prädominirt stets die Kalkerde gegen die Magnesia, und in den thonerdehaltigen Hornblenden prädominirt umgekehrt, mit sehr wenigen Ausnahmen, diese gegen jene. Unter allen bis jetzt analysirten thonerdehaltigen Augiten giebt es wenigstens keinen, in welchem die Menge der Magnesia unter die der Kalkerde sänke. Welcher Augit daher zur Umwandlung in jenen Uralit gedient haben mag, immer, sollte man schliefsen, müfste er bei seiner Umwandlung Kalkerde verloren haben.

Da kieselsaurer Kalk durch kohlensaure Magnesia zersetzt wird (S. 490), so kann man sich die Umwandlung des Augits in Hornblende als einen höchst einfachen Procefs denken. Dringen Gewässer, kohlensaure Magnesia enthaltend, durch augitische Gesteine, so tauscht sich diese Magnesia gegen einen Theil der Kalkerde im Augit aus: an die Stelle des Kalksilicats tritt Magnesiasilicat, und der Kalk wird als Carbonat von den Gewässern fortgeführt. Tauschen sich Kalkerde und Magnesia in gleicher Atomenzahl gegen einander

aus, so treten an die Stelle von 100 Th. der ersteren 72,6 Th. der letzteren. Lägen die Analysen eines Augits und einer damit verwachsenen Hornblende vor: so könnte man ermitteln, ob wirklich ein solcher Austausch in gleicher Atomenzahl erfolgte. Findet ein solcher Verlust an Masse statt, bleibt aber das Volumen ungeändert: so vermindert sich das specifische Gewicht des Augits bei seiner Umwandlung in Hornblende. Vermindert sich die absolute Menge der Basen, so nimmt die Kieselsäure relativ zu; der gröfsere Kieselsäuregehalt in der Hornblende gegen den Augit ist dann die unmittelbare Folge davon.

Der Austausch zwischen Kalkerde und Magnesia, obgleich der wesentlich bedingende Umwandlungsprocefs des Augits in Hornblende, ist doch nicht der einzige. Es ist gewifs höchst selten, dafs diese Processe so einfach erfolgen, wie sie sich darstellen, wenn die Zusammensetzung des ursprünglichen und des umgewandelten Fossils mit einander verglichen wird. G. Rose bemerkt, dafs die Uralitkrystalle in dem Augitporphyr unweit *Pyschma* *) beim Herausschlagen glatte Eindrücke in dem Gesteine hinterlassen, welches an diesen Stellen gewöhnlich mit einer dünnen Haut von braunem Eisenocher bedeckt ist. Wahrscheinlich hat daher bei der hier erfolgten Umwandlung des Augits in Uralit eine theilweise Ausscheidung von Eisenoxyd stattgefunden. Auch andere Zersetzungen, worauf die angeführte weifse Substanz deutet, scheinen vor sich gegangen zu sein.

G. Rose stellt die specifischen Gewichte der Hornblende und des Augits in ihren verschiedenen Species zusammen und findet

	Maximum	Minimum
für die Hornblende . . .	3,445	2,931
für den Augit	3,525	3,195

Im Allgemeinen zeigen daher die Augite ein gröfseres specifisches Gewicht, als die Hornblenden. Hieraus ergiebt sich die Möglichkeit einer Umwandlung der ersteren in letztere, mit Verlust von Bestandtheilen, ohne dafs sich das Volumen zu ändern braucht.

*) Reise. Bd. I. S. 285.

Die Hornblendeform soll sich, nach G. Rose, bei langsamerer, die Augitform bei schnellerer Abkühlung bilden *). Im Grünsteine von *Muldakajewsk*, der, nach ihm, wie aller Grünstein, wahrscheinlich früher im geschmolzenen Zustande gewesen sein soll, habe sich, als die Masse noch heifs war, Augit zusammengezogen, und erst als sich die Temperatur verringerte, aber die Masse noch weich war, die Hornblende um den Augit gebildet. Auch in den Laven des *Vesuv's* sei die Hornblende später entstanden, als der Augit. Mitscherlich fand unter den krystallisirten Schlacken, die man bei mehreren Hüttenprocessen erhält, häufig die Form des Augits, nie aber die der Hornblende, welches G. Rose mit ihrer sehr raschen Abkühlung in Beziehung bringt. Daher kann man auch durch Zusammenschmelzen der Bestandtheile des Augits, wobei gewöhnlich gleichfalls eine schnelle Abkühlung stattfindet, dieses Fossil darstellen, nicht aber Hornblende. So haben Mitscherlich und Berthier beim Zusammenschmelzen von Kieselsäure, Kalk und Magnesia in einem Kohlentiegel, im Feuer des Porcellanofens, einen weifsen Augit erhalten. Die Masse war gut geflossen, durch und durch spaltbar nach den Spaltungsflächen des Augits, und in einer Höhlung mit den schönsten Krystallen besetzt. Hornblendekrystalle zu erhalten, glückte ihnen indefs nicht, wie auch die Zusammensetzung abgeändert wurde.

Wenn aber, bemerkt G. Rose ferner, schnellere Abkühlung eine der Ursachen der verschiedenen Krystallform des Augits und der Hornblende ist: so müfste man durch Schmelzung der Hornblende Augit erhalten können. Diefs fand er vollkommen bestätigt. Strahlstein vom *Zillerthale* in *Tyrol*, in einem Platintiegel im Porcellanofen geschmolzen, krystallisirte beim Erkalten in lauter Augitkrystallen. Ein Diopsid auf gleiche Weise behandelt, war auch vollkommen geschmolzen, hatte aber seine Structur nicht verändert; denn beim Zerschlagen erhielt man Stücke mit grofsen, breiten Spaltungsflächen, welche die vier bekannten des Augits waren. Mitscherlich und Berthier hatten beim Schmelzen des Tremolits ein ganz gleiches Resultat erhalten.

*) Poggend. Annal. Bd. XXII. S. 336.

Ist es nur defshalb nicht möglich, Hornblende künstlich darzustellen, weil wir nicht im Stande sind, eine geschmolzene Hornblende-Masse einer hinlänglich lange dauernden Abkühlung auszusetzen: so kann auch im Mineralreiche nur dann auf eine plutonische Bildung geschlossen werden, wenn ihr Vorkommen auf eine sehr langsame Abkühlung schliefsen läfst. Die Untersuchung der Massen-Verhältnisse der an Hornblende so reichen *Aetna*-Laven dürfte vielleicht Aufschlüsse geben, ob diese Laven so bedeutende Lager bilden, dafs die langsamste Abkühlung angenommen werden darf. Da der Feldspath auf feuerflüssigem Wege künstlich gebildet werden kann: so sollte man vermuthen, dafs die Hornblende unter denselben Umständen, wie dieser, entstehen könne; denn beide kommen, wie namentlich jene Laven zeigen, so häufig in Gesellschaft vor. Es fehlt, wie nicht zu läugnen ist, ein Hauptbeweis für die plutonische Bildung der Hornblende, so lange es nicht gelingt, dieselbe künstlich darzustellen, und die, nach G. Rose entschiedene Umwandlung des Augits in Hornblende mufs der Möglichkeit Raum geben, dafs dieses Fossil, selbst wenn es in Laven vorkommt, ein Umwandlungsproduct augitischer Grundmasse sein könne. Die von G. Rose beschriebene Lava vom *Vesuv* ist voller Blasenräume, deren Wände mit den glänzendsten, nadelförmigen Hornblendekrystallen bekleidet sind, während die in der Lava eingewachsenen Krystalle nur Augit und Leucit sind: Fossilien, die sich gewöhnlich auch nur in dieser Lava finden *).

Diese Verhältnisse sind keineswegs der Vorstellung günstig, dafs die Hornblende bei langsamerer, Augit bei schnellerer Abkühlung gebildet worden sei. Sollte sich denn die Lava schneller abgekühlt haben, als ihre Blasenräume? — Diefs anzunehmen, ist kein Grund vorhanden. Die Blasenräume mufsten früher vorhanden gewesen sein, als ihre Einschlüsse. Hatten die, obgleich noch glühenden Wände schon eine gewisse Festigkeit erreicht, ehe die Bildung der Hornblende erfolgte: so ist diese Bildung auf plutonischem Wege in der That sehr schwierig zu begreifen; denn wie sollten aus festen Wänden Krystalle heraustreten, welche so

*) Leop. v. Buch ebend. Bd. X. S. 16.

lange Zeit zu ihrer Krystallisation fordern? — Ist es nicht leichter zu begreifen, dafs Gewässer, welche in die Blasenräume drangen, einen theilweisen Austausch der Kalkerde gegen Magnesia in der augitischen Masse der Lava bewirkten, und dadurch letztere so veränderten, dafs Hornblende daraus werden konnte? — G. Rose dürfte dagegen um so weniger etwas zu erinnern haben, als er, wie es ja auch in der Natur der Sache liegt, eine Umwandlung des amorphen Diallag und Hypersthen in Hornblende, mithin gewifs auch des amorphen Augits in dieses Fossil, annimmt.

In Beziehung auf das erwähnte Vorkommen der Hornblende in einigen Trachyten und Basalten hält es G. Rose für möglich, dafs sie nur ein fremdartiger Einschlufs wäre, der, durch den Basalt erwärmt und erweicht, bei der Erhärtung eine krystallinische Beschaffenheit angenommen hätte.

Dagegen ist folgendes zu bemerken. Bildet sich Hornblende bei langsamer, Augit bei schneller Abkühlung, so würde sich daraus eine Umwandlung der ersteren in letzteren ziemlich leicht erklären lassen, da man durch Schmelzung der Hornblende wirklich Augit erhalten hat. Denkt man sich nämlich, es habe sich aus einer feuerflüssigen Masse bei äufserst langsamer Abkühlung ein Hornblende-haltiges Gestein gebildet, und dieses Gestein sei später einer abermaligen Erhitzung ausgesetzt worden, die aber den Schmelzpunkt nicht erreicht hätte: so würde die zweite Abkühlung unter denselben Umständen schneller, als die erstere von Statten gegangen sein, und es würde sich also bei letzterer Augit gebildet haben. Aber gerade der umgekehrte Fall, eine Umwandlung des Augits in Hornblende, zeigt sich im Mineralreiche. Bei der ersten Abkühlung hätte sich daher Augit, bei der zweiten aus diesem Hornblende bilden müssen. Die zweite Abkühlung hätte also langsamer, als die erste von statten gehen müssen. Um diefs zu begreifen, müfste man zu sehr künstlichen Hypothesen Zuflucht nehmen. Vielleicht dafs die Ultraplutonisten die erste Abkühlung in der Nähe der Erdoberfläche von statten gehen, die erstarrte Masse in grofse Tiefen hinabsinken und dort zwar nicht bis zum abermaligen Schmelzen erhitzen, aber, umgeben von grofsen erhitzten Massen, viel langsamer erkalten lassen, als bei der ersten Abküh-

lung. Allein je künstlicher die Hypothesen, desto unwahrscheinlicher werden sie. Wenigstens kann man solche Verhältnisse bei jenen Trachyten und Basalten nicht annehmen.

Wir sind geneigt, mit G. Rose die Hornblende, namentlich in den Basalten, für ein Umwandlungsproduct zu halten; denn am Materiale dazu, an der augitischen Grundmasse, fehlt es nicht im Basalt. Diese Umwandlung kann aber nur auf nassem Wege gedacht werden, und seine Bemerkung, dafs die Umwandlung, wie bei den Krystallen von *Arendal*, durch kleine Risse und Spalten begünstigt, schnell in das Innere gedrungen sei, ist in dieser Beziehung gar nicht unwichtig; denn dafs die Gewässer durch die feinsten Risse dringen, ist bekannt, aber nicht, dafs die Hitze durch dieselben leichter als durch die festen Massen dringe. Man kann nicht einwenden, dafs die Hornblende im Basalt nicht in Formen von Augit vorkomme; denn wandelt sich eine formlose Augitmasse in Hornblende um, so wird letztere ihre eigene Krystallform annehmen (S. 275).

Asbest nach Augit.

Nach Blum *) ist der sogenannte krystallisirte berggrüne Asbest von *Pitkaranda* am *Ladoga-See* nichts anders, als Augit, der eine Umwandlung in asbestartige Hornblende erlitten hat. Nach der Analyse von Hess **) besteht dieselbe aus

Kieselsäure . . .	45,57
Kalkerde . . .	4,40
Magnesia . . .	23,40
Eisenoxydul . .	19,73
Thonerde . . .	3,00
Wasser , . . .	2,00
	98,10

Vergleicht man diese Zusammensetzung mit der der thonerdehaltigen Augite, welche durchgängig viel Kalkerde

*) A. a. O. S. 164.

**) Kastner's Archiv Bd. V. S. 321.

(18—24 Proc.) und weniger Magnesia (8,75—16 Proc.) enthalten: so kann die Umwandlung nur durch einen theilweisen Austausch der Kalkerde gegen Magnesia erfolgt sein. Auch ein Theil des Eisenoxyduls in jenem Asbest scheint durch Austausch gegen Kalkerde zugetreten zu sein (S. 492) da in den thonerdehaltigen Augiten 12 Proc. Eisenoxydul das Maximum ist. Die geringere Menge Kieselsäure im Verhältnisse zum Kieselsäuregehalt dieser Augite könnte von einer Abnahme der Basen herrühren; da aber das Fossil von säulenförmigen Quarzkrystallen durchwachsen ist; so könnte sich auch bei der Umwandlung Kieselsäure ausgeschieden haben.

Der Grünstein in der Gegend zwischen *Petrosawadsk* und der Eisenhütte *Kontschosersk* wird stellenweise körnig blätterig, kalkartig und ist von schmalen Asbestadern durchzogen. In ihm setzen auch häufig Gänge auf, welche in einer Gangmasse von Quarz und Kalkspath Kupferkies führen. Die Ausscheidung jener Substanzen, wie sie die Theorie fordert, findet also hier wirklich statt.

Eine gänzliche Umwandlung der grünen Augitkrystalle, aus dem *Brozzothal* in *Piemont*, zu Asbest oder Amianth, wobei man die Veränderung vom ersten Beginnen bis zur gänzlichen Vollendung verfolgen kann, beschreibt Blum. Zuerst ändern sich Farbe, Glanz und Durchsichtigkeit, die Krystalle überziehen sich mit einem feinfaserigen Gewebe von Asbest, und werden endlich ganz in einen weissen, seidenglänzenden Büschel von Amianth umgewandelt, wobei sie stets ihre Form verlieren. Einzelne Büschel liegen hier und da auf dem Gesteine, welches aus einem Gemenge von grünem, etwas körnigem Augit und Magneteisen besteht. Die Gegenwart des letzteren zeigt an, dafs bei dieser Umwandlung Eisenoxyduloxyd ausgeschieden worden ist.

Endlich zeigt auch ein Exemplar aus dem *Val Locana* in *Piemont* eine Umwandlung der Augitkrystalle in ein verworrenes Gewebe von Asbestfasern, ähnlich dem Bergkorke, wobei die Schärfe der Kanten und Ecken, das Ebene der Flächen ganz verschwunden ist. Die Oberfläche der Krystalle ist rauh, uneben, drusig und sieht manchmal wie aufgequollen aus. Beim Zerbrechen der Krystalle sieht man, wie jene Asbestmasse mehr oder weniger tief in dieselben einge-

drungen und in der Mitte noch ein deutlicher grüner Augitkern vorhanden ist.

Wir reihen mehrere Analysen von Asbest an

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kieselsäure . .	55,869	58,20	57,98	58,48	58,19
Kalkerde . . .	17,764	15,55	12,95	0,04	
Magnesia . . .	20,334	22,10	22,38	31,38	30,79
Eisenoxydul . .	4,309	3,08	6,32	9,22	7,93
Manganoxydul	1,115	0,21 }	0,58	0,88	
Thonerde . . .		0,14 }			0,18
Flufssäure . . .		0,66			
Wasser		0,14			1,86
	99,391	100,08	100,21	100,00	98,95

I. Langfaseriger Asbest von *Schwarzenstein* im *Zillerthal* hat, nach der Analyse von Meitzendorff *), ganz die Zusammensetzung des reinen, thonerdefreien Augits. Dem gemäfs wäre es möglich, dafs ein Augit sich in Asbest umwandeln könnte, ohne Veränderung seiner Zusammensetzung, wenn nicht vielleicht der Augit, welcher jenen Asbest geliefert hat, einer von den gewöhnlichen war, in denen die Kalkerde in gröfserer Menge als die Magnesia vorhanden ist, so dafs erst durch Austausch dieses Verhältnifs umgekehrt wurde.

II. Asbest von *Tarantaise* in *Savoyen*, nach Bonsdorff **), ist in der Zusammensetzung mit dem Tremolit von *Gullsjö*, gleichfalls von diesem Chemiker analysirt, identisch.

III. Kymatin von *Kuhnsdorf* im *sächsischen Voigtlande*, (Breithaupt) ist, nach Rammelsberg ***), ein Asbest, wie der vorhergehende, von der Zusammensetzung der reinsten Hornblende, des Tremolits.

IV. Asbest von *Koruk* in *Grönland*, nach Lappe †).

V. Asbest vom *Ural*, an den Quellen des *Tschusso-*

*) Poggend. Annal. Bd. LII. S. 626.

**) Schweigger's Journ. Bd. XXXV. S. 140.

***) Erstes Suppl. S. 73.

†) Poggend. Annal. Bd. XXV. S. 486.

waja, auf Gängen in Serpentin, nach Heintze *). Dieser und der vorhergehende Asbest sind sehr nahe von gleicher Zusammensetzung, welche auch der des Antophyllits ziemlich nahe kommt. Uebrigens nähert sie sich auch sehr der des Specksteins, welches seine richtige Deutung dadurch erhält, daſs dieses Fossil in Formen von Hornblende vorkommt, wie wir im nächsten Kapitel sehen werden.

Die vorstehenden Analysen bestätigen im Allgemeinen das oben Bemerkte über die Umwandlung in Asbest. Sie besteht stets in einem theilweisen Austausche der Kalkerde im ursprünglichen Fossil gegen Magnesia. Dieser Austausch kann, wie die beiden letzten Asbeste zeigen, bis zum Verschwinden der Kalkerde gehen. Es ist möglich, daſs das ursprüngliche Fossil stets Augit ist und daſs, wie bei II und III, die Aehnlichkeit in der Zusammensetzung mit der Hornblende nur davon herrührt, daſs die Umwandlung des Augits in dieses Fossil dieselbe Richtung nimmt, d. h. gleichfalls auf einem theilweisen Austausche zwischen Kalkerde und Magnesia beruht. Es könnte nämlich der Umwandlung der Hornblende in Asbest die des Augits in Hornblende vorhergegangen sein.

Vielleicht ist dieſs bei der von Weibye **) bei *Kragerö* beobachteten Umwandlung der Hornblende in Asbest der Fall, da dort die Hornblendekrystalle in Höhlungen des Hornblende-Gneiſses zum Theil auf Diopsidkrystallen aufgewachsen oder auch von diesen bedeckt sind. Die Umwandlung scheint so zu erfolgen, daſs die Blätterdurchgänge an den beiden Endspitzen der Krystalle mehr und mehr vollkommen werden, so daſs sie sich zuletzt durch deutliche Streifung auf den verticalen Krystallflächen erkennen lassen. Hierauf geht die Masse in zartfaserigen, graulich- und grünlichweiſsen, seideglänzenden Asbest stufenweise über. Die Endspitzen der Krystalle bewahren, wenn sie schon in Asbest übergegangen sind, nicht nur noch die äuſsere Form, sondern die Umwandlung erfolgt auch stets parallel den Endflächen der Krystalle, mithin in einer gebrochenen Ebene.

Asbeste von *Zoeblitz* und *Taberg* in *Wärmland*, wel-

*) Ebend. Bd. LVIII. S. 168.

**) Karsten's und v. Dechen's Archiv. Bd. XXII. S. 514.

che ich im Königlichen Mineralien-Cabinet zu *Berlin* gesehen habe, waren theils mit Magneteisen durchzogen, theils darin eingehüllt. Ohne Zweifel waren es sehr eisenhaltige Fossilien (Augite), bei deren Umwandlung in Asbest Eisenoxydul-oxyd ausgeschieden wurde. In dieser Sammlung fand ich auch Glimmer von *Kariäth* in *Grönland* mit Amianth durchzogen *).

Serpentin nach Augit.

Serpentin in der Form von Augit ist zuerst von Breithaupt auf der Grube *Unverhofft Glück* bei *Schwarzenberg* wahrgenommen worden. Bald nachher erkannte er, in Felsit eingewachsen, die deutlichsten Formen des schwarzen Augits als Serpentin-Substanz von *Fahlun* in *Schweden* **). Wahrscheinlich sind jene Krystalle dieselben, welche Freiesleben anführt ***). Blum †) fand den Serpentin gleichfalls in deutlichen Umwandlungs-Pseudomorphosen in dem Augitgestein am *Monzoni* in *Tyrol*. Es sind nicht blofs die oft so schönen, mit Kalkspath gemengten in Drusenräumen und Klüf-

*) W. Murray (L'Institut 1846. No. 646.) fand eine asbestartige Masse im Gesenke (fond) eines, zwei Jahre lang im Gange gebliebenen Ofens und zwar in einem Höhlenraume ungefähr 8 Zoll unter der erstarrten Masse. Sie war farblos, seidenglänzend, und bildete kleine, aus aufserordentlich feinen Fasern zusammengesetzte Massen, welche biegsam, aber nicht so sehr wie Asbest, waren und nicht von Mineralsäuren angegriffen wurden. Sie war besäet mit sehr schönen Titankrystallen. Sie bestand aus

Kieselsäure	72,5
Thonerde	9,0
Manganoxydul	13,2
Magnesia	2,0
Kalk	1,58
Eisenoxyd	2,65
	100,93

Diese Zusammensetzung differirt so sehr von der des natürlichen Asbests, dafs man bei diesem an eine ähnliche Bildung nicht denken kann.

**) N. Jahrb. für Chemie und Physik. Bd. LXIII. S. 282.

***) Magazin für die Oryktographie von Sachsen. Heft VI. S. 25.

†) Nachtrag u. s. w. S. 83.

ten vorkommenden Augitkrystalle (Fassait), sondern es ist die ganze Gesteinmasse in Serpentin umgeändert. Jene haben ihren Glanz, ihre Farbe, Härte und die Schärfe ihrer Umrisse verloren, und sind matt, unrein schwärzlich- oder graulichgrün u. s. w. und so weich geworden, dafs man sie mit dem Messer leicht schneiden kann. Im Innern ist selten mehr eine Spur von Spaltbarkeit wahrzunehmen. Ist das Innere der Krystalle dicht, so sind doch nicht selten poröse Stellen, selbst kleine Höhlungen darin. Auch die umgewandelte Augitmasse, auf welcher jene Pseudomorphosen sitzen, ist meist dicht, mit Poren durchzogen, schwarz, schwärzlichgrün, graulich oder gelblich und an manchen Stellen gewissen Serpentinen sehr ähnlich.

Speckstein nach Augit.

Die Umwandlung des Augits in Speckstein, wovon schon Bd. I. S. 792 die Rede war, ist von v. Senger *) in der Wacke von *Pozza*, mit krystallisirter Grünerde, von *Pfaundler* im Thale *Tilliach* bei *Vitarin* im Porphyr, von Freiesleben **) in einem Basalt- und Wackengang im *Riesenberge* bei *Eybenstock* und von Eisenlohr ***) am *Lützelberg* bei *Sasbach* im *Kaiserstuhl* beobachtet worden. An letzterem Orte kommt der umgewandelte Augit in einem porphyrartigen Dolerit-Mandelstein vor, der selbst bis tief ins Innere verwittert ist und viel zersetzten Olivin enthält. Diese Umwandlung beginnt, nach Blum †), an der Oberfläche der Krystalle, indem sich dieselbe zuerst mit einer dünnen, grünlichen Rinde überzieht, welche immer dicker, dabei gelblichgrün und endlich gelb wird, wenn der Procefs vollendet ist. Im Innern solcher Krystalle findet man jedoch oft noch viele schwarze Puncte von unzersetztem Augit, oder die Krystalle sind auch ganz porös. Schwarze Farbe, Glanz, Härte und Spaltbarkeit des Augits verschwinden bei dieser Umwandlung.

*) Oryktographie von Tyrol 1821. S. 39.

**) Magazin für Oryktognosie von Sachsen 1828. H. I. S. 14.

***) Geognost. Beschr. des Kaiserstuhls 1829. S. 58.

†) Die Pseudomorphosen u. s. w. S. 137.

In einem feinkörnigen Aggregate eines umgewandelten Augits aus dem mandelsteinartigen Melaphyr von *Pozza* in *Tyrol* fand Blum hier und da sehr kleine Theilchen kohlensauren Kalks, der, ohne allen Zweifel ein Zersetzungsproduct des Augits, von den Gewässern noch nicht fortgeführt worden ist. Die ganze Felsart ist übrigens sehr reich an kohlensaurem Kalk und an Bitterspath. Auch zu *Borislau* in *Böhmen* und bei *Bilin* finden sich in Speckstein umgewandelte Augite. An mehreren Orten auf dem *Westerwalde* kommen gleichfalls im Basalt und Dolerit braune Varietäten von Speckstein zuweilen noch in der Augitform vor. Der Speckstein erfüllt manchmal die dichtgedrängten Blasenräume so, dafs man von der Gesteinmasse selbst sehr wenig mehr bemerkt *).

Blum beschreibt ferner **) Pseudomorphosen aus dem Norden von *New-York*, in denen nicht blofs der Augit, sondern auch die Hornblende und der Glimmer umgewandelt worden sind. Der Augit ist nicht allein in Krystallen, sondern auch in krystallinischen Massen umgewandelt. Jene tragen vorzugsweise den Typus der Malakolithformen. Sie sind meist in körnigem Kalk eingewachsen, oder in Drusenräumen aufgewachsen. Hier und da findet man bei durchbrochenen Krystallen trotz ihrer Weichheit und Veränderung noch Spaltungsflächen. Dafs der Malakolith oder Sahlit eine Zersetzung erleiden kann, welche ihn dem Speckstein sehr nahe bringt, haben wir oben (S. 517 u. 518) gesehen. Nach Beck ***) besteht der umgewandelte Augit von *Canton St. Lawrence County* in *New-York* aus

Kieselsäure . . .	59,75
Magnesia	32,90
Kalkerde	1,00
Eisenoxydul . . .	3,40
Wasser	2,85
	99,90

*) Frid. Sandberger Uebersicht der geolog. Verhältnisse des Herzogthum Nassau. S. 96.

**) Nachtrag. S. 76.

***) Sillimann Americ. Journ. XLVI. p. 32.

ein Resultat, welches mit der Zusammensetzung verschiedener Specksteine ebenfalls ziemlich übereinstimmt.

In umgewandelten blättrigen Malakolithen von *Antwerp* in *New-York* sind noch Blätterdurchgänge vorhanden, die zum Theil so deutliche Spaltungs-Gestalten geben, dafs man die Winkel ziemlich genau messen kann. Die Spaltungsrichtungen sind durch feine, schwarze Linien angedeutet, welche mehr oder weniger, selten eine Linie weit, von einander abstehen. Manche dieser Spaltungsflächen sind durch ausgeschiedenes Eisenoxydhydrat bräunlich gefärbt. Uebrigens finden sich schon bei manchem frischen Malakolith, wie bei dem von *Orijärfoi* in *Finnland*, *Stammbach* im *Fichtelgebirge* u. s. w. jene Linien, als Andeutung von Spaltungsrichtungen.

Der an Magnesia reichste Augit, der bläulichgrüne von *Pargas*, enthält nach Nordenskiöld, 22,57 Proc. von dieser Erde. Nach der mittleren Zusammensetzung des Specksteins würde ein solcher Augit 73 Proc. seines Gewichts Speckstein geben, wenn die übrigen Silicate des Augits während des Umwandlungsprocesses fortgeführt würden. Sollte aber Magnesiacarbonat dem Augit durch Gewässer zugeführt werden, und sollte diese Erde die Kalkerde verdrängen: so würde die Kieselsäure in jenem Augit (55,4 Proc.) hinreichend sein, 80 Proc. Speckstein vom Gewichte des Augits zu liefern. Aus der Vergleichung des specifischen Gewichts des Augits und des Specksteins ergiebt sich übrigens, dafs bei der Umwandlung jenes Fossils in dieses 20 Proc. von seinem absoluten Gewichte verloren gehen, sofern das Volumen ungeändert bleibt. Es zeigt sich also die merkwürdige Uebereinstimmung, dafs die Kieselsäure in jenem Augit, wenn sie ganz in Magnesiasilicat eingeht, gerade so viel Speckstein giebt, als entstehen mufs, wenn das Volumen des Augits bei seiner Umwandlung in dieses Fossil ungeändert bleibt. So erklärt sich, wie Augitkrystalle vollständig in Speckstein umgewandelt werden können, ohne an ihrer Form und an ihrem Volumen zu verlieren. Die Umwandlung ist nichts anderes, als ein Verdrängen der Kalkerde im Augit durch die Magnesia in Gewässern. Die Menge der Kieselsäure steigt in den thonerdefreien Augiten bis auf 57,5 Proc. und sinkt in den thonerdehaltigen bis auf 47 Proc. herab. Jene Kieselsäure kann

83 Proc., diese 68 Proc. Speckstein geben. Ein Augit mit dem Minimum von Kieselsäure kann sich daher ohne Verminderung des Volumens nicht in Speckstein umwandeln.

Cimolit nach Augit.

Von dieser Umwandlung war schon Bd. I. S. 797 ff. die Rede. Nach Rammelsberg's Analyse bestehen jene zersetzten Augite aus

Kieselsäure . .	60,626	= 3 At. oder	63,86
Thonerde . . .	23,085	= 1 At. „	23,69
Eisenoxyd . .	4,207		
Kalkerde . . .	1,275		
Magnesia . . .	0,910		
Wasser . . .	9,124	= 3 At. „	12,45
	99,227		100,00

Die berechnete Zusammensetzung stimmt genau mit Klaproth's Analyse des Cimolits von *Argentiera* *).

Die Umwandlung des Augits in Cimolit besteht also darin, dafs alle Basen des Augits, mithin auch die Magnesia, bis auf Minima ausgeschieden wurden, und nur allein die Thonerde zurückblieb. Diefs setzt voraus, dafs nur ein thonerdehaltiger Augit zu dieser Umwandlung fähig ist, von welcher Art auch die in Cimolit umgewandelten Krystalle von *Bilin* gewesen sein müssen, da sie in Basalt vorkommen. Nehmen wir aber selbst den an Thonerde reichsten Augit, den Augit aus der *Rhön*: so würde dieser doch nur 28 Proc. seines Gewichts Cimolit geben. Nach Blum ist das specifische Gewicht des Augits 3,302, das des umgewandelten 2,216. Dem gemäfs würde das Gewicht des letzteren 67 Proc. von dem des ersteren betragen, vorausgesetzt, dafs sich dessen Volumen bei der Umwandlung nicht verändert hätte. Die nach den specifischen Gewichten berechnete Menge des umgewandelten Augits beträgt also fast $2\frac{1}{2}$ Maf so viel, als dessen Thonerde Cimolit liefern könnte. Blum bemerkt, dafs sich im Innern der umgewandelten Krystalle hohle Räume, sehr

*) Beiträge Bd. I. S. 291.

kleinen Blasenräumen ähnlich, finden. Es fragt sich, ob er das specifische Gewicht dieser Krystalle, wie sie sind, oder im gepülverten Zustande bestimmt hat. In jenem Falle würde das obige Verhältnifs $\frac{2,216}{3,302}$ genau das der absoluten Gewichte des ehemaligen und des umgewandelten Augits ausdrücken, sofern die Krystalle bei ihrer Umwandlung ihre ehemalige Gröfse bewahrt hätten, und dann würde der Umwandlungsprocefs ohne Aufnahme von Thonerde nicht zu begreifen sein. Wie sollte aber Thonerde zugetreten sein? — Es ist nicht zu vermuthen, dafs die Thonerde, welche wir in Gewässern finden, als solche darin enthalten sei; denn wie könnte freie Thonerde neben Kieselsäure, welche in keinem Wasser fehlt, existiren? Ist aber diese Erde als Silicat im Wasser aufgelöst (Bd. I. S. 802): so könnte nur ein Verdrängen des Kalkerde- und Magnesiasilicats u. s. w. durch jenes Thonerdesilicat gedacht werden.

Es ist zu bedauern, dafs diese Verhältnisse wegen der grofsen Schwerlöslichkeit der kieselsauren Thonerde (ebend.) nicht auf das Experiment gebracht werden können. Indefs da wir die Aufmerksamkeit auf diesen interessanten Umwandlungsprocefs gelenkt haben: so dürfte es vielleicht Andern gelingen, durch wiederholte genaue Bestimmungen des specifischen Gewichts der in Cimolit umgeänderten Augitkrystalle und durch die Analyse eines benachbarten noch frischen Augitkrystalls in dem Basaltgange, worin diese Pseudomorphosen vorkommen, zu entscheiden, ob wirklich Thonerde zugetreten ist, oder nicht. Immer wird es schwierig sein zu ermitteln, ob die pseudomorphosirten Krystalle noch die Gröfse der ursprünglichen haben, da wenigstens die rauhe, unebene und matte Oberfläche der ersteren genaue Winkelmessungen sehr erschwert *).

*) Kürzlich habe ich im Königlichen Mineralien-Cabinet zu *Berlin* ausgezeichnete, zersetzte Augitkrystalle, zum Theil sehr grofse, von *Bilin*, zu sehen Gelegenheit gehabt. Einzelne darunter haben Grübchen, worin Glimmerblättchen liegen; aber auch auf den pseudomorphosirten Krystallflächen selbst finden sie sich. Eines dieser Glimmerblättchen scheint die bekannte sechsseitige Fläche der Augitkrystalle zu haben.

Kieselsäurehydrat (Opal) nach Augit.

Augitkrystalle, meist klein, 1—3 Linien grofs, scharf in ihren Umrissen, fettartig glänzend und weifs, auch gelblich- oder röthlichweifs, welche in einer porösen und schlackigen, oft ganz zelligen Lava am *Vesuv*, besonders im Krater desselben vorkommen, zeigen merkwürdige Veränderungen, die an verschiedenen Krystallen verschieden vorgeschritten sind. Zuerst geht die ursprünglich schwarze Farbe in eine grünliche oder bläulichgraue über, wird dann gelblich weifs, und endlich bildet sich eine weifse porcellanähnliche Rinde. Im Innern zeigt sich aber noch ein dunkelgefärbter Kern, der mehr oder minder bedeutend ist, bis die ganze Masse weifs erscheint und somit die Umwandlung vollendet ist. Wie bei mehreren Pseudomorphosen, so findet auch hier die merkwürdige Erscheinung statt, dafs die Oberfläche der Krystalle zusammenhängend und fest geblieben, dagegen das Innere durch den Verlust an Bestandtheilen zellig und porös geworden ist *).

Nach Rammelsberg's Analyse **) bestehen diese veränderten Augitkrystalle aus:

Kieselsäure . . .	85,34
Thonerde	1,58
Eisenoxyd	1,67
Kalkerde	2,66
Magnesia	1,70
Wasser	5,47
	98,42

Es wurden also alle Basen der ursprünglichen Mischung bis auf geringe Ueberreste extrahirt, selbst die Thonerde, deren Gehalt, nach Kudernatsch, im frischen Augit des *Vesuv's* 5,37 Proc. beträgt. Sollte sich nicht dieses Resultat, frägt Rammelsberg, dadurch erklären lassen, dafs in der Nähe des Vulkans stärkere Säuren, als die Kohlensäure der Luft, ihren Angriff auf den Augit ausübten, und auch die

*) Blum die Pseudomorphosen. S. 59.

**) Poggend. Annal. Bd. XLIX. S. 390.

schwache Basis, die Thonerde, von ihnen fortgeführt wurde? — Da schweflige Säure und Salzsäure mit grofsen Quantitäten heifser Wasserdämpfe zu den Exhalationen des *Vesuv's* gehören: so ist an einer solchen Wirkung, die durch die letzteren gewifs sehr unterstützt wird, wohl nicht zu zweifeln.

Zersetzung des Kalk-Manganoxydul-Augits in Braunit und Pyrolusit.

Ebelmen *) analysirte folgende Kalk-Manganoxydul-Augite, sowohl im unveränderten, als im veränderten Zustande. Es zeigte sich an demselben Stücke ein unverkennbarer Uebergang von unveränderter Masse in veränderte.

Rhodonit von *Algier*.

unverändert		verändert	
		Wasser	10,14
Kieselsäure .	45,49		
Manganoxydul	39,46	Manganoxydul .	43,00
		Sauerstoff . . .	8,94
Eisenoxydul .	6,42	Eisenoxyd . . .	6,60
Kalk . . .	4,66		1,32
Magnesia . .	2,60		
		Gallertartige Kieselsäure	2,40
		Rosenfarbener Rückstand, identisch mit dem unveränderten Fossil	27,20
	98,63		99,60

Durch die Zersetzung wurde daher die Kieselsäure, die Magnesia ganz und der Kalk gröfstentheils fortgeführt; denn die 2,4 Procent gallertartige Kieselsäure rührten wohl von

*) Compt. rend. V. XX.

der anfangenden Einwirkung der Salzsäure auf den Rückstand her. Dagegen nahmen das Mangan- und Eisenoxydul noch mehr Sauerstoff und Wasser auf.

Die Magnesia dürfte als Silicat, der Kalk wahrscheinlich als Carbonat durch die Gewässer fortgeführt worden sein. Die gänzliche Fortführung der Magnesia und die nur theilweise der Kalkerde ist eine Erscheinung, welche bei anderen Augiten nicht statt zu finden scheint. Die Ursache der Fortführung der Kieselsäure ist wohl in der großen Menge Manganoxydul im Mangankiesel und in der Neigung dieses Oxyduls, sich höher zu oxydiren, zu suchen. Durch diese Oxydation wird das Verwandtschaftsband, welches das Manganoxydul an die Kieselsäure knüpft, aufgehoben; denn das Superoxyd kann sich als solches nicht mit der Kieselsäure verbinden. Auch die Oxydation des Eisenoxyduls schwächt dessen Verwandtschaft zur Kieselsäure, und diese, von ihrer Base getrennt, wird von Gewässern mit jenem Magnesiasilicat fortgeführt.

Jene 43 Proc. Manganoxydul im veränderten Fossil fordern zur Umwandlung in Superoxyd 9,64 Proc. Sauerstoff. Da 8,94 Proc. gefunden wurden, so ist jenes größtentheils in dieses übergegangen. Eine solche Umwandlung kann also auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffs auf nassem Wege wirklich vor sich gehen, und es wird daher sehr wahrscheinlich, daß das in der Natur vorkommende Mangansuperoxyd (Pyrolusit oder Braunstein) aus einer Zersetzung von Manganoxydulsilicat hervorgegangen ist. Daß auch kohlensaures Manganoxydul in Superoxyd übergehen könne, zeigt seine Zersetzung, wenn es sich aus Gewässern absetzt. Die braunen, weichen Massen, welche ich in einem, erst in meiner Gegenwart geöffneten Drusenraume im Mandelstein bei *Oberstein* fand, und die größtentheils aus Mangansuperoxyd bestanden (Bd. I. S. 815) rühren ohne Zweifel von kohlensaurem Manganoxydul her, welches sich aus den, in den Drusenraum filtrirten Gewässern abgesetzt hatte. Es ist also begreiflich, wie unmittelbar durch Zersetzung von Manganoxydulsilicat, als auch mittelbar, nachdem dasselbe in Carbonat umgewandelt worden, Mangansuperoxyd gebildet werden könne. Auf jene Weise bildet es sich an Ort und Stelle, wie aus dem Rhodo-

nit von *Algier*; auf diese Weise in Spalten, Drusenräumen und Lagern, in denen Gewässer kohlensaures Manganoxydul abgesetzt haben.

Der Braunstein liefert beim Glühen mehr oder weniger Wasser. Dafs das Mangansuperoxyd wirklich ein Hydrat geben kann, zeigen die Versuche von Berthier, Rammelsberg, Winckelblech und Mitscherlich. Danach scheinen aber verschiedene Verbindungen des Mangansuperoxyds mit Wasser zu existiren. In dem umgewandelten Rhodonit ist wohl der gröfste Theil als Hydrat vorhanden.

Bustamit aus *Mexico*.

unveränderter		veränderter	
		Wasser	10,68
Kieselsäure . .	44,45		
Manganoxydul .	26,96		55,19
		Sauerstoff	10,98
Eisenoxydul . .	1,15	Eisenoxyd	1,56
Kalk	14,43	Kohlensaurer Kalk . .	14,03
Magnesia . . .	0,64		
Kohlensaurer Kalk	12,27		
		Kieselsäure und Quarz .	8,53
	99,90		100,97

Das untersuchte Exemplar war mit etwas Kalk gemengt, der wahrscheinlich ein früheres Zersetzungsproduct war, da der Sauerstoff der Basen 0,87 Proc. weniger beträgt, als die Hälfte des Sauerstoffs der Kieselsäure; ein Theil der Basen war also schon ausgeschieden worden. Während der Zersetzung hatten die Gewässer nicht blofs diesen kohlensauren Kalk, sondern auch den gröfseren Theil der gleichfalls in Carbonat umgewandelten Kalkerde, so wie die Magnesia und die Kieselsäure fortgeführt. Die 55,19 Proc. Manganoxydul fordern zu ihrer Umwandlung in Mangansuperoxyd 12,41 Proc. Sauerstoff. Der gefundene Sauerstoff beträgt also nur 1,43 Proc. weniger; das Oxydul ist daher gröfstentheils in Superoxyd übergegangen.

Vergleicht man die verschiedenen Kieselmangan-Arten:

so ersieht man, dafs die Umwandlung nicht immer durch höhere Oxydation der Oxydule, wie bei den vorgenannten Fossilien von statten geht; sondern dafs auch häufig kohlensaures Manganoxydul entsteht, wie die Bd. I. S. 813 ff. angeführten Fälle und auch die Untersuchungen von Brandes*) zeigen. In sieben verschiedenen Manganerzen fand sich mehr oder weniger Kohlensäure, und dieselben erscheinen daher als Zusammensetzungen aus Manganoxydulsilicat und Manganoxydulcarbonat.

Der Rhodonit von *Saint-Marcel* war einer anderen Zersetzung unterworfen, als der Rhodonit von *Algier* und der Bustamit von *Mexico*, wie die folgenden Analysen Ebelmen's darthun:

Rhodonit von *Saint-Marcel.*

unveränderter		veränderter	
		Wasser	1,10
Kieselsäure . .	46,37		
Manganoxydul .	47,38		44,71
		Sauerstoff	4,44
Kalk	5,48		0,90
		Gallertartige Kieselsäure	8,00
		Blafsrother Rückstand, identisch mit dem unveränderten Fossil . . .	41,47
	99,23		100,62

Durch die Zersetzung wurde daher die Kieselsäure ganz und der Kalk grofsentheils fortgeführt; denn die gallertartige Kieselsäure hat denselben Ursprung, wie beim zersetzten Rhodonit von *Algier*. Dagegen oxydirte sich das Manganoxydul zu Manganoxyd oder Braunit. Die Oxydation beim Rhodonit von *Saint-Marcel* scheint also nicht so weit, wie bei dem von *Algier* fortgeschritten zu sein.

*) Schweigg. Journal. Bd. XXVI. S. 121 ff.

Der zersetzte Rhodonit von *Saint-Marcel* drückt augenscheinlich die Zusammensetzung des Marcelins aus.

Glimmer und Grünerde nach Augit.

Blum *) bemerkt über die Umwandlung des Augits in Glimmer folgendes. Die meisten Krystalle einer Augitstufe aus dem *Fassathale* (sogenannter Fassait) sind auf ihrer Oberfläche matt oder wenig glänzend, rauh und drusig, die Seitenflächen aber zugleich porös. Hier und da haben sich Blättchen oder sechsseitige Täfelchen von bräunlich- oder lauchgrünem Glimmer auf der Oberfläche der Krystalle gebildet, die jedoch mit jener in eine Ebene fallen und nicht über dieselbe hervorragen. Das Innere der Krystalle zeigt noch augenscheinlicher den Umwandlungsprocefs. Die Masse hat hier noch weniger Zusammenhang, wie auf der Oberfläche; sie ist porös, nach allen Richtungen hin von Glimmerblättchen durchzogen und bildet mit diesen an einzelnen Stellen wahre Gemenge, in denen manchmal die letzteren die Oberhand gewinnen, so dafs die Augitsubstanz fast gänzlich verdrängt ist. Diefs findet besonders da statt, wo die Krystalle aufgewachsen sind, und zwar ebenfalls auf einem Gemenge von Glimmer und Augit. Bei Betrachtung dieser Erscheinungen bleibt kein Zweifel übrig, dafs der Glimmer durch Umwandlung des Augits entstanden sei; denn es wäre eine höchst uuwahrscheinliche Annahme, jener sei von diesem bei seiner Krystallisation eingeschlossen worden: eine Annahme, gegen welche auch der ganze Zustand der Krystalle spricht.

Wenn jener Augit aus dem *Fassathale* dieselbe Zusammensetzung hat, wie der von Kudernatsch **) analysirte vom *Zigolonberg* im *Fassathale* (*a*), nämlich:

*) Nachtrag S. 30.

**) Poggend. Annal. Bd. XXXVII. S. 581.

	(a)		(b)
Kieselsäure . .	50,09	50,15	54,15 *)
Thonerde . . .	4,39	4,02	0,20
Kalkerde . . .	20,53	19,57	24,74
Magnesia . . .	13,93	13,48	18,22
Eisenoxydul . .	11,16	12,04	2,51
Manganoxydul .			0,18
	100,10	99,26	100,00

so kann man sich keine andere Vorstellung von dieser Umwandlung machen, als dafs die Kalkerde, welche in allen bisher analysirten Glimmerarten entweder gar nicht, oder doch nur spurweise gefunden wurde, gegen Kali ausgetauscht worden sei.

Diese Annahme erlangt fast Gewifsheit durch Rammelsberg's Analyse **) der Grünerde in Formen von Augit aus dem *Fassathale*, welche in einer grünlich- bis gelblichweifsen, erdigen Masse, sehr wahrscheinlich zersetzter Basalt, porphyrartig eingewachsen ist. Ihre Farbe variirt etwas; die dunkleren Varietäten zeigen noch deutlich den blättrigen Bruch des Augits und besitzen auch noch einigen Glanz, der den lichteren fehlt. Es war nicht möglich, nur solche Krystalle anzuwenden, welche genau von gleicher äufserer Beschaffenheit waren. Nachdem Rammelsberg eine Analyse mit koh-

*) Wir haben Wackenroder's Analyse des Diopsids vom *Fassathale* in *Tyrol* (Kastner's Archiv Bd. XIII. S. 86) beigefügt (*b*), weil auch diese einen bedeutenden Kalkgehalt nachweiset, und daher die Vermuthung begründet, dafs die Augitkrystalle, aus welchen jener Glimmer hervorgegangen ist, kalkhaltig gewesen waren. Von jenen Diopsidkrystallen bemerkt Wackenroder, dafs sie meist frei von begleitenden Fossilien sind; nur ein Paar Krystalle waren an einer Fläche mit Chloritschuppen (Glimmer?) bedeckt. Oft findet man an ihnen, besonders an den Enden, einen eisenhaften Beschlag, der zuweilen aus dem Fossile selbst hervorgegangen zu sein scheint. Auch die verschiedene Färbung, pistaziengrün oder ölgrün, und der Uebergang in das Grünlichweifse bis in das Farblose, an demselben Krystallindividuum, zeigen die Neigung dieser Krystalle zur Umwandlung.

**) Ebend. Bd. XLIX. S. 391.

lensaurem Natron gemacht hatte, bemerkte er bei einer zweiten mit Flufssäure ein Brausen, herrührend von kohlensaurem Kalk, der den grünen Augitkrystallen zuweilen beigemengt ist. Das Resultat der ersten Analyse beweiset jedoch, dafs sie auch fast kalkfrei vorkommen.

	I. mit kohlens. Natron.		II. mit Flufssäure.	III.
Kieselsäure . .	45,87			39,48
Thonerde . .	11,18		11,73	10,31
Eisenoxydul .	24,63		16,42	15,66
Eisenoxyd . .				8,94
Kalkerde . .	1,50	kohlens. Kalk	15,8	15,24
Magnesia . .	0,28		4,47	1,70
Kali (natronhaltig)	—		5,52 Alkali	
Wasser (Glühe-verlust) . .	9,82		Wasser u. Verlust	8,67
				100,00

In der Analyse III, in welcher das Fossil als ein Ganzes betrachtet ist, wurde das gepülverte Fossil mit verdünnter Salzsäure gelinde erwärmt und die erhaltene Auflösung für sich untersucht. Der unlösliche Theil betrug 72,55 Proc.

	IV. auflösl. Antheil.		V. unauflösl. Antheil.
Kohlens. Kalk . . .	55,52	Kieselsäure .	54,42
Eisenoxyd (etwas thonerdehaltig) . .	32,57	Thonerde . .	14,21
		Eisenoxydul .	21,60
Magnesia	4,15	Magnesia . .	0,77
Kali	1,82	Kali (Verlust) .	5,40
Wasser und Verlust .	5,94	Wasser . .	3,60
	100,00		100,00

Führten die Gewässer aus vorstehendem Augit den auflöslichen Antheil (IV) fort: so blieb eine Zusammensetzung (V) übrig, welche sich der des Kaliglimmers ziemlich nähert;

denn selbst die bedeutende Menge Kieselsäure wird noch durch die, in den, von L. Svanberg *) analysirten Glimmerarten von *Brattstad* bei *Sahla* (sog. Pihlit 63,7 Proc.) und von *Iviken* in *Dalarna* (71 Proc.) übertroffen. Führten die Gewässer aus (III) blofs den Kalk fort, so bleibt folgende Zusammensetzung übrig:

Kieselsäure	46,58
Thonerde	12,16
Eisenoxyduloxyd	29,02
Magnesia	2,01
Alkali, Wasser und Verlust	10,23
	100,00

welche von den verschiedenen Analysen des Glimmers nicht mehr abweicht, als diese unter sich abweichen. Wird das Kalksilicat theilweise gegen Kalisilicat ausgetauscht (S. 420): so wächst die Menge des Kali und die Zusammensetzung nähert sich um so mehr den kalireichen Glimmerarten.

Der oben (S. 523) genannte, von C. Gmelin analysirte Augit gehört auch zu denjenigen, welche Alkalien aufgenommen haben, wie die nachstehende Analyse (*a*) zeigt:

	a	*b*
Kieselsäure . .	56,80	51,25
Thonerde . . .	15,32	7,25
Eisenoxydul . .	12,06	20,72
Manganoxyd . .	3,72	Spur
Kalkerde . . .	4,85	—
Magnesia . . .	5,05	5,98
Natron	3,14	1,92
Kali	0,34	6,21
Wasser		6,67
	101,28	100,00

Wahrscheinlich war auch in diesem Augit das Natron durch Austausch gegen Kalk aufgenommen worden, was um so leichter zu begreifen ist, da kohlensaures Natron häufiger

*) Berzelius Jahresbericht. XX. S. 235.

und in reichlicherer Menge in Quellen vorkommt, als kohlensaures Kali. Schreitet der Austausch zwischen dem noch vorhandenen Kalk weiter fort, so nähert sich die Zusammensetzung immer mehr der des Glimmers, besonders wenn auch bei fortgesetzter Metamorphose das aufgenommene Natron wieder gegen Kali, wenigstens theilweise ausgetauscht wird (Bd. I. S. 847 u. Bd. II. S. 413).

Das Obige unter (*b*) ist die neueste Analyse der Grünerde von *Verona* von Delesse *), welche, wie nicht zu verkennen, eine dem Glimmer ähnliche Zusammensetzung hat. Denkt man sich, dafs durch fortgesetzte Umwandlung die Magnesia gegen Kali ausgetauscht werde: so entstände eine Mischung, die sich wenig von der irgend eines Kaliglimmers entfernen würde.

Auch im Augitporphyr von *Pozza* in *Tyrol* kommt Grünerde in Formen von Augit vor. Blum **) verfolgte die verschiedenen Grade der Umwandlung. Sie beginnt aussen und schreitet nach innen vor. Zuerst überzieht sich die Oberfläche mit einer grünen Rinde, welche hauptsächlich zwischen den leichter spaltbaren Blätterdurchgängen vordringt und Gemenge aus Grünerde und ursprünglicher Augitmasse bildet, bis endlich letztere ganz verschwindet, und nur noch die Form der früheren Substanz übrig bleibt. Die schwarze Farbe des Augits geht in die schwärzlich-, seladon- oder berggrüne über, die jedoch nicht immer gleichmäfsig, sondern in Flecken oder Streifen dunkler und lichter erscheint.

Blum fand, dafs nicht nur die meisten dieser Krystalle mit Säuren lebhaft brausten, sondern dafs in fast allen gröfsere oder geringere Anhäufungen von kohlensaurem Kalk zu bemerken waren. Bei einigen wechselten höchst feine Lagen desselben mit solchen von Grünerde in der Richtung der vollkommenen Spaltungsflächen; häufiger zeigte sich der Kalkspath in einzelnen, kleinen, unregelmäfsigen Parthien ausgeschieden. Aufserdem sind in allen Krystallen kleine schwarze Körnchen von Magneteisen enthalten.

Wenn ein Zersetzungsproduct, wie hier der Kalk, der

*) n. Jahrb. f. Mineral. u. s. w. 1848. S. 546.

**) Die Pseudomorphosen. S. 207.

als Carbonat so leicht von den Gewässern fortgeführt werden kann, an der Stelle erscheint, wo die Zersetzung Statt gefunden hat: so kann das Wasser nur einen beschränkten Zutritt gehabt haben. Man mufs daher vermuthen, dafs die Augite nur eben von Wasser, welches etwas Kohlensäure und kohlensaures Kali enthielt, befeuchtet wurden, und dafs der durch Zersetzung des Kalksilicats entstandene kohlensaure Kalk sich zwischen den Spaltungsflächen sogleich ausschied. Die Gewässer, welche auf die Augite tropften, sind ohne Zweifel so langsam darauf gefallen, dafs sich mittlerweile die überaus kleinen Theilchen kohlensauren Kalkes vollständig consolidiren und der Auflösung widerstehen konnten. Diefs, so wie alle Vorgänge bei solchen Umwandlungsprocessen, weiset auf eine ungemein lange Zeit hin. Die kleinen, schwarzen Magneteisen-Körnchen sind unzweifelhaft gleichfalls Zersetzungsproducte: sie sind Eisenoxyduloxyd, welches bei der Zersetzung der Augite seine Kieselsäure verloren hatte.

Die eben betrachteten Augite zeigen, dafs im Mineralreiche wirklich Processe von Statten gehen, wobei diese Fossilien Alkalien aufnehmen, und ihre Mischung sich so verändert, dafs dieselbe sich der der Glimmerarten nähert. Von chemischer Seite kann daher gegen die Möglichkeit einer wirklichen Umwandlung des Augits in Glimmer nicht das Mindeste entgegengesetzt werden. Im Kapitel vom Glimmer werden wir aber noch weitere Beweise finden, und wir werden sehen, dafs, nach aller Wahrscheinlichkeit, dieser Umwandlungsprocefs im Mineralreiche nach einem grofsen Maafsstabe von Statten geht.

Unsere Betrachtungen haben uns zum dritten Mal auf die Grünerde geführt. Von ihrer grofsen Verbreitung in sedimentären Formationen war bereits (Bd. I. S. 454 ff. u. S. 809 ff.) die Rede. Wenn, bemerkten wir (S. 808), diese Erde unzweifelhaft aus dem Augit entstehen kann: so soll doch nicht behauptet werden, dafs alle Grünerde diesen Ursprung habe. Er erscheint uns zweifelhaft in sandigen Bildungen, da Quarz von augitischen Gesteinen nicht begleitet wird. So wie der Augit, so mufs es als möglich erscheinen, dafs sich auch andere, Eisenoxydulsilicat-haltende Fossilien, wie Hornblende, Turmalin, Granat u. s. w. in Grünerde umwandeln können.

So lange diefs aber nicht nachgewiesen ist, dürfen wir darauf keine Folgerungen gründen. Das Vorkommen der Grünerde in Blasenräumen augitischer Gesteine (Bd. I. S. 806) zeigt ihre directe Bildung aus wässrigen Flüssigkeiten; wir brauchen uns also nicht immer nach einem Umwandlungsprocesse umzusehen. Nach unseren Erfahrungen wird aber die Gegenwart des atmosphärischen Sauerstoffs stets hindernd auf den Absatz eines Eisenoxydulsilicats wirken; denn in Ocherabsätzen hat man nicht dieses Silicat, sondern Eisenoxydsilicat gefunden. Vielleicht dafs nur defshalb in Blasenräumen das Oxydulsilicat sich absetzt, weil in diesen nur ein äusserst beschränkter Luftzutritt stattfindet.

Die Umwandlung des Feldspaths in Chlorit (B. II. S. 252) zeigt, wie ein eisenfreies Thonerdesilicat Eisenoxydulhydrat aufnehmen kann; denn die geringe Menge Eisen im Feldspath können wir nicht in Anschlag bringen, da es, wie schon die meist fleischrothe Färbung dieses Fossils darthut, nicht, wenigstens nicht wenn eine Umwandlung beginnt, als Oxydul darin vorhanden sein kann. Der Chlorit steht aber der Grünerde ziemlich nahe; er enthält nur keine Alkalien, wie diese. Es ist eine nicht sehr gewagte Vermuthung, dafs sich Feldspath vielleicht auch in Grünerde umwandeln kann, ja, theoretisch betrachtet, müfste diese Umwandlung sogar leichter erfolgen, da das Kali, welches die Grünerde braucht, im Feldspath vorhanden ist.

Der gegenwärtige Standpunct der Wissenschaft erlaubt nicht, mit gröfserer Bestimmtheit Vermuthungen über die Bildung der Grünerde auszusprechen. Es ist aber sehr zu wünschen, dafs Geologen und Chemiker ihre Aufmerksamkeit darauf richten; denn die Bildung einer Mineralsubstanz, welche, wie die Grünerde, ein so ausgebreitetes Vorkommen in sedimentären Formationen und zwar in den jüngsten hat, ist nicht nur an sich von Wichtigkeit, sondern auch, weil, wenn ihre directe Bildung auf nassem Wege nachzuweisen ist, damit die Möglichkeit einer solchen Bildung von Eisenoxydulsilicaten überhaupt gegeben ist. Daran ist um so weniger zu zweifeln, da wir oben mit Entschiedenheit erkannt haben, dafs Diopsid, Malakolith u. s. w. auf nassem Wege entstehen können.

Umwandlung des Augits in Hornblende und Granat oder in Hornblende und Magneteisen.

Forchhammer *) beschreibt merkwürdige Umwandlungen, welche der Augit in den Eisenstein-Lagern von *Arendal* in *Norwegen* erlitten hat. Am häufigsten hat er sich in Hornblende und Granat zersetzt. Ein Augit mit abgerundeten Ecken war völlig unverändert; an einem andern erkannte man schon hin und wieder die Blätterdurchgänge der Hornblende; ein dritter zeigte in seiner äufsern Form noch deutlich die Krystallisation des Augits, während im Innern vollkommen entwickelte Hornblendeblätter und bald Körner, bald wirklich ausgebildete Krystalle von Granat zu erkennen waren. Bei einigen Krystallen lagen die durch Metamorphose gebildeten Granate so im ursprünglichen Augit eingehüllt, dafs die Granatflächen mit den äufsern Augitflächen zusammen fielen, und das Ganze als ein porphyrartiges Gemeng mit ausgeschiedenen Granaten erschien. Ueberall wo die Umwandlung eingetreten war, zeigte das Gemenge ein gröfseres specifisches Gewicht, als das ursprüngliche Fossil, indem die Flächen eingesunken waren und die Kanten als scharfe Ränder vorsprangen. Die Vergleichung der specifischen Gewichte des Augits (3,2—3,5), des Granats (3,5—4,2) und der Hornblende (2,9—3,4) zeigt, dafs eine solche Wirkung eintreten mufste. Wo die Metamorphose ihren höchsten Grad erreicht hatte, waren die Zwischenräume zwischen den Granat- und Hornblende-Parthien mit Kalkspath ausgefüllt.

Forchhammer beschreibt auch Umwandlungen des Augits in Hornblende und Magneteisenstein. An derselben Stufe fanden sich unveränderte Augite und diese Umwandlungs-Producte. Eine scharfe Grenzlinie schied das umgewandelte von dem unveränderten Fossil. In einzelnen Fällen war auch Epidot ein Zersetzungsproduct.

Aus dem Vorkommen des Magneteisens in *Norwegen* ist

*) Amtlicher Bericht über die 24. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Kiel. S. 281. Vergl. auch Scheerer im n. Jahrbuche für Mineralogie u. s. w. 1843. S. 631 ff. an verschiedenen Stellen.

zu schliefsen, dafs die Umwandlungen keineswegs zu den Seltenheiten gehören. So verzweigt sich bei *Arendal* der Magneteisenstein in die aus Granat, Hornblende, Augit u. a. bestehenden Nebengesteine, indem diese mit Körnern von Magneteisen durchdrungen sind. Bei *Kragerö* findet sich dieses häufig in Begleitung von Hornblende und Kalkspath *).

Nach Forchhammer scheint bei jenen Umwandlungen kein neuer Stoff hinzugetreten und keiner entfernt worden zu sein, sondern die ganze Veränderung auf einer neuen Vertheilung der Bestandtheile zu beruhen. Die vorhin bemerkte scharfe Grenzlinie zwischen dem umgewandelten und unveränderten Fossil deutet, nach ihm, darauf hin, dafs die Umwandlung von Gebirgsklüften ausgegangen sei. Eine dauernde Erwärmung, welche nicht im Stande war, die ganze Masse gleichförmig zu schmelzen, soll die Umwandlung bewirkt haben; denn die äufsere Form der Krystalle, die schon längst beobachtete Abrundung der Ecken und Kanten, lasse darauf schliefsen. Aehnliche Combinations-Producte sollen auch in *England* bei anhaltender Röstung von Eisenschlacken erzeugt worden sein.

Wir glauben mit genügenden Gründen gezeigt zu haben (Bd. II. S. 352), dafs Umwandlungen der im Gesteine eingeschlossenen Fossilien nicht auf plutonischem Wege von Statten gehen. Sollte aber die Umwandlung durch eine aus Gebirgsklüften strömende Hitze erfolgen, so müfste diese einen Träger gehabt haben; daher müfsten entweder heifse Gase oder Wasserdämpfe durch diese Gebirgsklüfte ihren Weg zu den Augiten gefunden haben. Eine während langer Zeiträume zuströmende, erhitzte, atmosphärische Luft gehört zu den unbegreiflichen Dingen. Saure Gase, wie Kohlensäure-, Schwefligsäure- oder Salzsäuregas, deren Zuströmen aus bedeutender Tiefe, und defshalb mit erhöhter Temperatur, nach den Vorgängen in Vulkanen, allenfalls angenommen werden könnte, würden nicht neue Fossilien erzeugt, sondern die Augite völlig zersetzt haben, wie diefs die

*) Weibye in Karsten's und v. Dechen's Archiv. Bd. XXII. S. 465 ff.

oben (S. 556) angeführten zersetzten Augitkrystalle aus dem *Vesuv* zeigen. Wasserdämpfe können auch nicht die Umwandlung bewirkt haben; denn sie wirken nur zersetzend und rufen keine krystallinischen Bildungen hervor (S. 354).

Ungleich wahrscheinlicher ist die Umwandlung auf nassem Wege. Die Gebirgsklüfte würden dann nicht die Hitze, sondern das Wasser zugeführt haben. Damit steht das durch Zersetzung des Augits gebildete Magneteisen nicht im Widerspruche; denn atmosphärische Gewässer, welche einen längern Weg durch Gebirgsgesteine nehmen, in denen sich, wie im Augit, Eisenoxydulsilicate finden, müssen ihren atmosphärischen Sauerstoff durch Oxydation des Oxyduls verlieren. Die Abrundung der Ecken und Kanten der Augitkrystalle erklärt sich gewiſs einfacher aus einem Angriffe durch Gewässer, als durch das Feuer; denn diese Erscheinung zeigt sich bei den meisten Verwitterungs-Processen, wo man auch nicht entfernt an plutonische Wirkungen denken kann.

Den Kalkspath zwischen den Granat- und Hornblende-Parthien erklärt Forchhammer für eine spätere Bildung. Wahrscheinlich hat er hierbei den nassen Weg im Sinne; er scheint ihn aber nicht für ein Zersetzungs-, sondern für ein Einseihungs-Product zu halten. Eine vergleichende chemische Analyse des Augits von *Arendal* und seiner Umwandlungs-Producte, des Granats und der Hornblende, dürfte für den einen oder andern Fall entscheiden *).

*) Sollte der von Wolff (Journ. für pract. Chemie. Bd. XXXIV. S. 236) untersuchte schwarze Augit von *Arendal* (aus blätterigem Kalkstein) welcher ein reiner Kalk-Eisen-Augit ohne Spur von Magnesia und Thonerde ist, einer von denen sein, welche in Umwandlung gefunden werden, und sollten ebenfalls die von Trolle-Wachtmeister analysirten Granaten von *Arendal* (Poggend. Annal. Bd. II. S. 21 u. 24) aus Augit hervorgegangen sein: so würden diese Analysen eine schätzenswerthe Vorarbeit bieten. Es ist bemerkenswerth, daſs der eine dieser Granaten, der schwarzbraune, ein Kalk-Eisen-Granat ist, der übrigens etwas Thonerde und Manganoxydul enthält, und daſs der andere, ein Talk-Granat, nicht sichtbar eingesprengten Kalkspath einschlieſst, welchen Trolle-Wachtmeister vor der Analyse mit Essigsäure ausgezogen hatte. Dieſs deutet darauf, daſs dieser Kalkspath ein Product der schon begonnenen Zerset-

Je nach dem gröſseren oder geringeren Kalkgehalte des Augits ist eine Zersetzung desselben in Hornblende und Granat wohl zu begreifen; denn in jener steigt der Kalk nie so hoch, als im Augit. Denkbar ist es daher, wie, je nach dem Kalkgehalte im Augit, in der Hornblende und im Granat, und je nach den verschiedenen quantitativen Verhältnissen der beiden letzteren Fossilien, eine gewisse Menge Kalk durch Aufnahme von Kohlensäure aus den Gewässern sich als Kalkspath ausscheiden konnte. Seine Ablagerung zwischen den Granat- und Hornblende-Parthien scheint wenigstens auf eine gleichzeitige Bildung mit diesen Fossilien zu deuten. Kurz, wir nehmen hier nur wahr, was sich bei allen bisher beobachteten Zersetzungsprocessen des Augits gezeigt hat, daſs dieselben nämlich stets von einer theilweisen oder gänzlichen Ausscheidung der Kalkerde begleitet sind.

Aus vorstehenden Untersuchungen ergiebt sich das wichtige Resultat, daſs der Augit nicht bloſs in Hornblende (S. 532), sondern auch in Granat und Hornblende und Magneteisen umgewandelt werden könne, und daſs daher diese drei Fossilien durch Umwandlungsprocesse sich bilden können.

Die beschriebenen Umwandlungs-Processe sind bei *Arendal* in einem sehr groſsartigen Maaſsstabe von Statten gegangen. So führt Weibye *) an, daſs in der *Thorbjörnsbo*-Grube, welche im Jahr 1842 etwa 30 Lachter lang, 8 Lachter breit und 20 Lachter tief war, das Eisenerz im innigen Gemenge mit körnigem, rothem Granat und Augit oder Hornblende vorkommt, und daſs dieses Gemeng in isolirt hervortretenden Bruchstücken bald vom Magneteisenstein umschlossen wird, bald diesen umschlieſst und bald wieder mit ihm verflieſst.

Am häufigsten haben alle hier vorkommenden Erzmassen scharfe Grenzen gegen die theils syenitischen, theils granitischen und theils aus verschiedenen Fossilien, als Augit, Granat, Glimmer, Kokkolith u. s. w. bestehenden Massen, die gewöhnlich als eine Rinde den Eisenstein umgeben. Zum

zung entweder des Granats, oder des zersetzten Augits sein möchte, sofern jener aus diesem hervorgegangen sein sollte.

*) N. Jahrb. für Mineral. u. s. w. 1847. S. 699.

Theil aber verzweigen sie sich in die Nebengesteine oder fliefsen mit denselben zusammen.

Unter den vielen dort vorkommenden syenitischen und granitischen Bildungen, schliefsen die ersteren theils eine Lager-artige Eisenstein-Masse mit vielen Ausläufern, theils eine Eisenstein-Niere ein, während die letzteren gewöhnlich nur unregelmäfsige Massen (Ausscheidungen), seltner wahre Gänge bilden.

Keine der Gänge oder Ausscheidungen zeigen zerstörende Wirkungen auf die Nebengesteine. Durch viele Beobachtungen hat sich Weibye überzeugt, dafs die als Gänge auftretenden Massen nur wenige klein und unvollkommen ausgebildete Fossilien einschliefsen, während die meisten und am besten ausgebildeten Fossilien in den Ausscheidungen vorkommen. Die Ausscheidungen, welche diese granitischen Massen bilden, sind ganz ohne Regelmäfsigkeit, bald grofs, bald klein, bald mit und bald ohne viele Verzweigungen in den Nebengesteinen vorhanden. Nie aber sieht man eine Störung der Schichten oder eine Veränderung der Charactere des Gesteins, in dem sie sich finden.

Weibye spricht sich nicht darüber aus, wie er sich diese Ausscheidungen denkt; genug, jene unregelmäfsigen Massen haben den Eindruck auf ihn gemacht, dafs sie aus dem Gesteine selbst abgesondert sein müssen. Kann sich nun Augit in Magneteisen umwandeln, so liegt es sehr nahe, diesen für eine Ausscheidung aus jenem zu halten.

Nicht blofs zu *Arendal*, auch an anderen Orten stofsen wir auf Erscheinungen, welche für eine Umwandlung des Augits in Magneteisen sprechen. Zunächst nimmt der *Ural* mit seinen Magneteisenbergen unsere Aufmerksamkeit in Anspruch.

Bei *Nischne-Tagilsk* erhebt sich mitten aus der Ebene *Wissokaja Gora* ein 300 Lachter langer, 250 L. breiter und 41 L. hoher Rücken, der gröfsten Theils aus reinem Magneteisenstein besteht. Die körnigen Abänderungen sind zuweilen mit Höhlungen und Spalten durchsetzt, an deren Wänden sich kleine, scharfkantige Octaëder finden. Die ungeheure Erzmasse des Magnetberges liegt in einem weifsen, gelben oder braunen Thon, von welchem sie scharf abschneidet. Auf der Nordseite zieht sich aber ein Keil tauben Gesteins fast

bis zur Höhe hinan und auf der Ostseite ist es vom Eisenerze durch eine nur 1 Fuss mächtige Thonlage getrennt. Dieses taube Gestein ist, nach der Analogie mit den andern Magnetbergen des *Urals*, wahrscheinlich labradorreicher Augitporphyr, der hin und wieder Quarzkörner enthält *).

Bei *Kuschwinsk* liegt der *Blagodat*, welcher einen einzeln dastehenden, durch zwei Vertiefungen gleichsam in drei Berge getheilten, Bergrücken bildet. Der ganze Abhang nach *Kuschwinsk* hin besteht aus einem ausgezeichneten Augitporphyr, dessen Hauptmasse vom Magnete angezogen wird. In dieser Hauptmasse finden sich grasgrüne Augitkrystalle eingewachsen und an Orten, die der Kuppe näher liegen, sind sie mit Hüllen von Uralit umgeben. Man erkennt in ihr auch weisse Flecke, die, nach der Analogie zu schliefsen, Labrador sind. Sie zeigen sich gleichfalls an der Oberfläche des Gesteins in eine weisse Porcellanerde umgeändert. Beide werden von Tagewassern fortgewaschen und die Augit- und Uralitkrystalle, welche der Verwitterung besser widerstehen, ragen aus der Oberfläche des Gesteins hervor. Zuweilen wird der Augitporphyr des *Blagodat* mandelsteinartig, und es stellen sich Höhlungen mit Kalkspath erfüllt ein. Magneteisen ist im Augitporphyr auf dem westlichen Abhange noch nicht enthalten; am Gipfel mengt es sich aber bei und tritt zuletzt ganz herrschend auf. Es erscheinen nun grofse Massen ganz reinen Magneteisenerzes, die aber auch hier stellenweise mit andern Massen wechseln, in welchen sich die Gebirgsart in mehr oder weniger grofser Menge findet, so dafs man offenbar sieht, dafs die Gebirgsart und das Magneteisen von gleichzeitiger Bildung sind. Letzteres enthält zuweilen Drusenräume, die mit Magneteisen-Octaëdern besetzt sind. Auch Eisenkies ist theils in Drusen mit dem Magneteisen krystallisirt, theils in demselben enthalten. Kalkspath ist dem Eisenerze gewöhnlich nur in kleinen Parthien beigemengt; auf der südlichen Seite soll er aber die Erzmasse oft in, einige Fuss mächtigen Schichten durchsetzen. Analcim kommt mit Magneteisen verwachsen und in demselben eingewachsen vor. **)

*) G. Rose Reise u. s. w. Bd. I. S. 310.

**) Ebendas. S. 342.

Bei *Nischne-Turinsk* ist ein mehr als 5 Werste langes Gebirge, *Katschkanar*, aus welchem das Magneteisenerz in einzelnen Kuppen hervorragt. Die Gebirgsart ist wahrscheinlich wie beim *Blagodat* ein Augitporphyr, wie die von daher erhaltenen Stufen, wovon eine aus einem körnigen Gemenge von Magneteisen und Augit, eine andere aus sehr grobkörnigem Augit mit wenig eingesprengtem Magneteisen besteht *).

Mit Ausnahme der theilweise in Uralit umgewandelten Augitkrystalle am *Blagodat* scheinen daher ähnliche Erscheinungen, wie sie Forchhammer beschrieben, am *Ural* nicht vorzukommen. Ein Zusammenvorkommen von Augit mit Hornblende und Granat ist nirgends angeführt.

Im *Erzgebirge*, in der Gegend von *Schwarzenberg*, findet sich Magneteisen in schmalen Schichten mit körnigem Kalk gemengt und sehr häufig in Begleitung von Granat **). In den Erzlagerstätten der dortigen grünsteinartigen Gebilde gehört es zu den selten fehlenden Fossilien im Gemenge mit Hornblende, Diopsid, Sahlit, Granat, Quarz u. s. w. (S. 528 ff).

Am *Thüringer Walde* ist dem Hyperit (Hypersthenfels) Magneteisen regelmäfsig und Eisenglanz häufig beigemengt. Quarz fehlt darin gänzlich. Der Hyperit wird aber von einem, dem Kieselschiefer ähnlichen Gestein begleitet, welches Credner ***) für ein durch den Hyperit umgewandeltes Steinkohlengebirge hält, in dessen Kluftflächen häufig Magneteisen zart angeflogen ist. Die gröfste Entfernung, bis auf welche sich diese Einwirkung bemerkbar macht, soll 30 Fuss nicht übersteigen. Die Aehnlichkeit zwischen dem Hypersthen und Augit gestattet die Annahme, dafs jenes Magneteisen und jener Eisenglanz Zersetzungsproducte des ersteren seien. In diesem Falle hätte aber Kalkerde, Magnesia und Kieselsäure ausgeschieden werden müssen. Kalkspath wird als Gemengtheil des Hyperits nicht angeführt. Nach unsern Erfahrungen möchten wir aber vermuthen, dafs dieser mit Säuren brausen werde. Chlorit, worin man die ausgeschiedene Magnesia vermuthen

*) Ebend. S. 379.

**) Freiesleben geognost. Arbeiten Bd. V. S. 42.

***) n. Jahrb. für Min. u. s. w. 1843. S. 272.

könnte, wurde nicht bemerkt. Was aber die ausgeschiedene Kieselsäure betrifft, so liegt es nahe, auf diejenige zu deuten, welche das Nebengestein des Hyperits in ein, dem Kieselschiefer ähnliches Gestein umgewandelt hat. Die aus dem Hyperit durch Gewässer fort- und in das Nebengestein eingeführte Kieselsäure würde dann die Umwandlung bewirkt haben. Nur auf diese Weise können wir eine Contactwirkung begreifen; denn dafs der Hyperit, wenn er auch mit einer noch so hohen Hitze emporgestiegen wäre, das Steinkohlengebirge bis zu einer Entfernung von 30 Fuss hätte fritten können, gehört zu den unmöglichen Dingen. Die bandartige Streifung auf der Grenze zwischen dem Hyperit und dem Steinkohlengebirge, wodurch letzteres dem Bandjaspis sich nähert, weiset deutlich auf Absätze aus Gewässern hin.

Auch das Hornblendegestein wird am *Thüringer Walde* von körnigem Magneteisen, welches jenes theilweise völlig zu vertreten scheint, begleitet. Dem Magneteisen mengt sich Quarz in schwachen parallelen Lagen bei. Mit ihm und mit dem Hornblendegestein kommen auch krystallinisch-körniger Kalkspath, Granat und Epidot vor *).

Was vom Hypersthen gilt, hat auch Bezug auf Diallag. Die häufige Gegenwart des Magneteisens im Gabbro deutet auch darauf, dafs dieser ein Zersetzungsproduct des Diallag sein mag. Er erscheint auch in feinen Theilen demselben zuweilen beigemengt **).

Die aufgezählten Erscheinungen stellen es als eine Thatsache hin, dafs Magneteisen eine Ausscheidung aus dem Augit und wahrscheinlich auch aus den ihm verwandten Fossilien sein kann. Es fragt sich nun, ob sich dieses Eisenoxyduloxyd auf anderem, als auf nassem Wege ausscheiden könne, und ob man auch nur entfernt an eine Ausscheidung auf plutonischem Wege denken könne? —

Die Oxyde des Eisens und besonders das Eisenoxydul sind starke Basen, die eine grofse Verwandtschaft zur Kieselsäure haben, und sich damit schon in mäfsiger Hitze sehr leicht verbinden. Diefs zeigt sich bei hüttenmännischen Pro-

*) Credner ebend. S. 268.

**) G. Rose Reise u. s. w. Bd. II. S. 165.

cessen, wo man, wie beim Kupferschmelz-Procefs, quarzhaltige Fossilien zusetzt, um das Eisenoxydul mit der Kieselsäure zu einer leichtflüssigen Schlacke zu verbinden. Es zeigt sich auch beim Schweifsen des Eisens, wo der Schmid die weifsglühenden Enden der zusammen zu schweifsenden Eisenstücke mit feinem Sande bestreut, damit sich das auf der Oberfläche gebildete Eisenoxyduloxyd mit demselben zu einer leichtflüssigen Schlacke verbinde, welche beim Hämmern ausgeprefst wird, so dafs die rein metallischen Flächen mit einander in Berühung kommen.

Da demnach Eisenoxyduloxyd und Kieselsäure in der Glühehitze so leicht zusammenschmelzen, so können sich aus einem feuerflüssigen Gesteine, beim Erstarren und Erkalten, Magneteisen und Quarz unmöglich absondern. Finden wir daher in einem granitischen, oder überhaupt in einem Quarzhaltigen Gestein Magneteisen: so kann dieses nicht eine Ausscheidung aus einer feuerflüssigen Masse sein. Da nun bei *Arendal* Magneteisen sich häufig in das syenitische und granitische Nebengestein verzweigt, da es band- und adernförmig den Gneifs nach seinem Streichen und Fallen durchschwärmt: so kann es nicht eine Ausscheidung auf plutonischem Wege sein. Eben so wenig kann das Magneteisen durch eine plutonische Metamorphose des Gneifses ausgeschieden worden sein. Sollten daher Syenit und Granit plutonische Bildungen sein, so kann sich bei ihrer Erstarrung Magneteisen unmöglich abgesondert haben. Der Plutonist ist also gezwungen, einen Ausscheidungsprocefs auf anderem, als auf plutonischem Wege anzunehmen. Welcher andere Weg, als der nasse, bleibt aber dann übrig? —

Das Zusammenvorkommen des Magneteisens und Quarzes ist keineswegs eine blofs locale Erscheinung in der Gegend von *Arendal.* Bei *Ulefoss* in *Norwegen*, auf der *Ruse-Grube*, finden sich beide Fossilien auf einer Magneteisen-Lagerstätte gleichfalls in Gesellschaft. Bergkrystalle kommen oft mitten im Magneteisen vor. Auch in den Magneteisenstein-Lagerstätten *Schweden's* findet sich sehr häufig Quarz, wie zu *Klackafällt*, *Dannemora* u. s. w. Zu *Morro de Arrasoyaba* in *Brasilien*, zu *Gabriel Maxado* und zu *Cerro de Luna* in *Uruguay*, kommt Magneteisen gleichfalls in Beglei-

lung von Quarz vor. Bei *Slatoust* findet es sich in einem grobkörnigen Granit mit Quarz- und Hornblendekrystallen in solcher Menge, dafs dieser ein reichhaltiges Eisenerz darstellt, welches verschmolzen wurde *). Zu *Falun* trifft man es in Begleitung mit Kupferkies, Eisenkies, Bleiglanz und Blende in einer quarzigen Gangart an **). In der *Bredgangsgrube* bei *Kongsberg* ist es im Gemenge mit Quarz, Hornblende, Granat und Kalkspath ***). Da mehrere Flüsse und Bäche des *Erzgebirges* (die *grofse Zscharde*, *Elster*, *Weiseritz* u. a.) Quarz, Magneteisen- und Titaneisen-Körner mit sich führen, da auch im Strombette der Elbe solche Gemenge vorkommen: so haben wohl auch in diesem Gebirge Quarz und Magneteisen gemeinschaftliche Fundorte. Im Seifengebirge kommt es in grofser Menge und in der Regel unter den kleineren Gemengtheilen, nächst dem Quarze, am häufigsten vor †).

Sollten auch die Ultraplutonisten zugeben, dafs die Quarze, welche das Magneteisen begleiten, Bildungen auf nassem Wege seien, (das Verschwinden der rauchgrauen Farbe des Rauchtopas bei mäfsiger Erhitzung dürfte dazu wohl nöthigen) für das Magneteisen aber den plutonischen Weg zu retten suchen: so würde auch dieser Ausweg zu keinem Ziele führen. Wären nämlich Quarze vorhanden gewesen, und wären sie, wie bei *Ulefoss*, von geschmolzenem Magneteisen umhüllt worden: so hätte geschehen müssen, was geschieht, wenn der Schmid Sand zwischen die weifsglühenden Eisenstücke streut: es würde sich kieselsaures Eisenoxydul, und zwar noch leichter, als bei diesem künstlichen Processe, gebildet haben, da das Magneteisen, nach der Voraussetzung, im geschmolzenen Zustande mit den Bergkrystallen in Berührung gekommen wäre.

Nach Weibye werden in den vielen Gruben von *Arendal* die Ausscheidungen um so seltener, je tiefer die Grubenbaue gehen. Daher auch das seltenere Vorkommen der vielen, sonst so häufigen Mineralien, die fast nur in diesen Ausscheidungen einbrechen.

*) G. Rose Reise u. s. w. Bd. II. S. 139.

**) Daubrée Skandinaviens Erzlagerstätten. S. 30.

***) Scheerer in n. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1843. S. 635.

†) G. Rose Reise u. s. w. Bd. II. S. 476.

Müfste man nicht gerade das Umgekehrte erwarten, wenn man diese Ausscheidungen plutonischen Wirkungen zuschreiben wollte? — Gegen Tage hin nähert man sich nicht dem Centralfeuer, von dem allein plutonische Wirkungen herrühren könnten; wohl aber den Tagewassern, welche Ausscheidungen unzweifelhaft hervorbringen. Gewifs ist dieser Umstand ein entschiedener Beweis zu Gunsten der Ausscheidungen auf nassem Wege.

Auf der Insel *Langö* sind die theils in Glimmer-Gneifs, theils in Quarzit, theils in grofsen granitischen Massen u. s. w. vorkommenden Magneteisenstein-Massen wahrscheinlich überall von Trappgesteinen umschlossen. Sie treten auch mitten in denselben auf. Weibye hält es für ausgemacht, dafs der Trapp die Menge des Eisenerzes bedingt. Die Ursache liegt nahe: der Magneteisenstein hat sich aus dem Trappgestein ausgeschieden.

Sind alle Magneteisenstein-Lager in *Norwegen* Zersetzungsproducte des Augits? Diese Frage würde sich der Beantwortung näher bringen lassen, wenn man im Stande wäre, die relativen Quantitäten des Magneteisens, des kohlensauren Kalks, der kohlensauren und kieselsauren Magnesia und der Kieselsäure, sofern sie als Zersetzungsproducte erscheinen, gegen einander und gegen die Bestandtheile der zersetzten Augite abzuwägen. Das wirkliche Vorkommen dieser Zersetzungsproducte bedingt natürlich die Wahrscheinlichkeit eines solchen Ursprungs des Magneteisens. In den Magneteisen-Gruben *Norwegens* findet sich meist Kalkspath, auch Kalktalkspath (Insel *Langö*). Von den Magnesiasilicat-haltenden Fossilien finden sich hier und da Chlorit fast in allen Gruben von *Arendal*, Serpentin aber nur als Umwandlungsproduct (Weibye) und ziemlich häufig Talk. Der Serpentin wird theils in kleinen Parthien im Magneteisen oder in dem, diesen begleitenden Gemenge aus verschiedenen Fossilien, theils als kleine Gangtrümmer im Nebengesteine der Gruben, theils als Lager zwischen dem Magneteisen und einer Bestegmasse von Kokkolith angetroffen. Der Talk findet sich unter andern, wie es scheint, als eine Umwandlung oder Verdrängung des Feldspaths und in Afterkrystallen nach Analcim. Quarz kömmt sehr häufig in gröfseren und kleine-

ren Ausscheidungen in und bei den Gruben vor *). Da sich demnach in *Norwegen's* Gruben wirklich neben Magneteisen die übrigen Zersetzungsproducte des Augits finden: so ist gegen die Möglichkeit eines solchen Ursprungs dieses Eisenerzes nichts zu erinnern. Selten scheint die Magnesia als Carbonat, meist dagegen als Silicat aus dem Augit ausgeschieden und zur Bildung jener Magnesia-Fossilien verwendet worden zu sein.

Versuchen wir die Processe uns zu versinnlichen, wodurch ein ganzer Augitporphyr-Berg in Magneteisen umgewandelt wird: so stofsen wir, wie nicht zu läugnen, auf Schwierigkeiten. Denken wir uns, dafs nur Kohlensäure-haltige Gewässer auf den Augitporphyr wirken: so werden durch Zersetzung des Augits, wenn derselbe sehr eisenhaltig ist, Kalkerde und Magnesia **) ganz und Eisenoxydul theilweise als Carbonate fortgeführt. Dafs die Kieselsäure mit diesen Basen fortgeführt werden kann, zeigt die Zersetzung des Rhodonit und Bustamit (S. 557). Dem gemäfs würde Eisenoxydul, zum Theil höher oxydirt, wie im eben angeführten Rhodonit zurückbleiben. Durch Zersetzung des Labradors im Augitporphyr mittelst Kohlensäure-haltigem Wasser, wird dessen Kalkerde und Natron fortgeführt und Kaolin bleibt zurück. Der Rückstand dieser beiden Zersetzungsprocesse würde also Magneteisen und Kaolin sein. Im Magnetberge *Wissokaja Gora* finden wir aber nicht den Thon mit Magneteisen gemengt; sondern er bildet die Unterlage des letzteren und die Grenze gegen das taube Gestein, das, nach Hermann's Beschreibung, ein Porphyr von schlechterer Art (also wohl ver-

*) Weibye a. a. O.

**) Es ist bemerkenswerth, dafs Magnesia-haltige Fossilien in den nächsten Umgebungen der Magnetberge nicht vorzukommen scheinen. Erst in einiger Entfernung vom *Wissokaja Gora* findet sich Talkschiefer. Wohin ist daher die Magnesia der zersetzten Augite im Augitporphyr gekommen? — Erinnert man sich an die oben (S. 499) angeführten Thatsachen, dafs die Gewässer ihre kohlensaure Magnesia bis in das Meer führen: so kann es nicht befremden, wenn in der Nähe zersetzter Magnesia-haltiger Gesteine nicht immer Magnesia-haltige Fossilien gefunden werden.

witterter) ist, der aus röthlichgrauem Jaspis mit Feldspath und einzelnen Quarzkörnern besteht. Liegt nicht die Vermuthung nahe, dafs jener Thon das Zersetzungsproduct des Labradors, die Kieselsäure, welche den Jaspis und die Quarzkörner gebildet hat, das Zersetzungsproduct des Augits sei? — Aufser dem Kalk fänden wir also die Zersetzungsproducte des ganzen Augitporphyrs in unmittelbarer Nähe. Und nicht zu übersehen ist, dafs im *Blagodat* Kalkspath in Drusen und dem Magneteisen beigemengt auftritt, ja dasselbe sogar in mächtigen Schichten durchsetzen soll. Uebrigens scheint in diesem Magnetberge die Zersetzung eine andere Richtung genommen zu haben, wie das Vorkommen des Analcim mit Magneteisen zeigt. Weil hier kein Thon das Magneteisen zu begleiten scheint, so möchte man vermuthen, dafs sich der Labrador des Augitporphyrs in Analcim umgewandelt habe. Die Vergleichung der beiden folgenden Analysen zeigt, wie sich der Labrador sehr leicht in Analcim umwandeln könne, wenn, im Wesentlichen, in jenem die Kalkerde gegen Natron ausgetauscht wird, und Wasser hinzutritt.

	Labrador	Analcim vom *Blagodat* nach Henry.
Kieselsäure . . .	53,42	57,34
Thonerde	29,71	22,58
Kalkerde	12,35	0,35
Natron	4,52	11,86
Kali	—	0,55
Wasser	—	9,00
	100,00	101,68

Freilich mufs vorausgesetzt werden, dafs eine noch gröfsere Menge Labrador gänzlich zersetzt, als in Analcim umgewandelt worden sei, damit diesem die nöthige Menge Natron durch die Gewässer hätte zugeführt werden können. Da die neueren Analysen der Labrador-Varietäten fast durchgängig geringe Quantitäten Kali gegeben haben: so ist man wegen dieses Alkali in jenem Analcim nicht in Verlegenheit.

Wo das Magneteisen, wie im *Wissokaya Gora,* rein auftritt, müfste sich das Volumen des ursprünglichen Augitpor-

phyrs, wenn das Erz der Rückstand des zersetzten Gesteins sein sollte, bedeutend vermindert haben. Der eisenreichste Augit, der Hedenbergit von *Tunaberg* in *Södermanland*, hält 26 Proc. Eisenoxydul. Diese geben, wenn sie sich in Magneteisen umwandeln, 28 Proc. Von einem solchen Augit müfsten also 72 Proc. durch diese Umwandlung ausgeschieden werden. Sollte der Augitporphyr aus gleichen Theilen Augit und Labrador bestehen, so würde, bei seiner Umwandlung in Magneteisen, dieses nur 14 Proc. von der Masse oder 8 Proc. von dem Volumen des Gesteins betragen. Behielte der Augitporphyr sein ursprüngliches Volumen, so müfste also das Magneteisen eine aufserordenlich poröse oder mit vielen Höhlungen und Spalten durchsetzte Masse bilden, welches dem Vorkommen desselben nicht entspricht. Also nur in denjenigen Fällen, wo die sämmtlichen Zersetzungsproducte des Augitporphyrs in dem von ihm eingenommenen Raume bleiben, sei es, dafs dieselben mit einander wechseln, oder dafs Thon, Kalkspath in Spalten sich abgesetzt haben, würde das ursprüngliche Volumen beibehalten werden; ja es würde sich sogar durch die vom Kalk aufgenommene Kohlensäure und durch den vom Eisenoxydul aufgenommenen Sauerstoff vergröfsern.

G. Rose bemerkt, dafs der zu Porcellanerde verwitterte Labrador des Augitporphyrs von Tagewassern fortgeführt werde, dafs diese Verwitterung jedoch nicht tief eindringe. Wenn sie aber auch durch und durch dringt, so können wir doch nicht annehmen, dafs die das Gestein sparsam und tropfenweise durchdringenden Tagewasser alle Porcellanerde eines ganzen Augitporphyr-Berges wegzuwaschen im Stande seien. Ein solches Auswaschen könnte nur gedacht werden, wenn der Augitporphyr von den Wellen eines Meeres, See's oder eines Flusses bespült würde, oder ganz unter Wasser sich befände.

Vielleicht dafs eine genaue Untersuchung der geognostischen Verhältnisse jener Magnetberge zu einer klareren Einsicht des von Statten gegangenen Umwandlungsprocesses führen würde. Sollten sich aber, wie wahrscheinlich, auch dann noch Schwierigkeiten entgegenstellen: so mufs man fragen, ob denn die Ansicht, das Magneteisen sei eine mit dem

Augitporphyr gleichzeitige eruptive Bildung alle dortigen Verhältnisse klar aufdeckt? — Wie erklärt eine solche Ansicht die Einlagerung der ungeheuern Erzmasse der *Wissokaja Gora* in einem Thon, und die Lagerung des letzteren zwischen dem tauben Gesteine und dem Magneteisen *)? Wie erklärt sie im *Blagodat* das Verwachsensein des Magneteisens mit einem Zeolith, mit einem wasserhaltigen Fossil, welches wir als unzweifelhaftes Infiltrationsproduct in Blasenräumen von Dolerit, Mandelstein u. s. w. finden? — Sollten diejenigen Geologen, welche jene Ansicht vertheidigen, den mit Magneteisen gemengten Analcim gleichfalls für ein Infiltrationsproduct halten: so müfsten auch sie annehmen, dafs Gewässer dieses Erz durchdrungen und einen Theil desselben fortgeführt haben, damit Raum für den Absatz des Zeoliths gewonnen werden konnte. — Das Vorkommen des Analcim im Magneteisen bezeichnet auch G. Rose als ein ungewöhnliches, da man diesen Zeolith sonst meist nur in den Höhlungen der Mandelsteine findet. Aber nicht blofs die Bildung dieses Fossils setzt Processe auf nassem Wege voraus, auch der dem Magneteisen nach den Seiten und gegen die Oberfläche zu beigemengte und zuletzt ganz rein auftretende Brauneisenstein, welcher gleichfalls die Kluftflächen des Magneteisens überzieht und selbst voller Höhlungen und Klüfte ist, zeigt unverkennbar die Wirkung der Gewässer. Dasselbe gilt von dem, dem Magneteisen beigemengten Eisenkies. Ist jener

*) Jeder Chemiker, der zersetzte krystallinische Gesteine analysirt, überzeugt sich, wie jüngsthin Ebelmen bei seinen Untersuchungen von zersetztem Trapp und Basalt (n. Jahrb. für Mineral. u. s. w. 1848. S. 570), dafs dem Thone kein anderer Ursprung, als durch mechanische Fortführung der Ueberbleibsel zersetzter krystallinischer Gesteine zugeschrieben werden kann. Ist zu zweifeln, dafs der Thon, welcher sich in der Nähe eines zersetzten Augitporphyrs findet, einen anderen Ursprung, als diesen habe? — Oder zieht man es etwa vor anzunehmen, die Augitporphyre jener Magnetberge seien in ein Meer versenkt, und darin der Thon abgesetzt worden? — Sollte man eine solche Annahme ansprechen, so könnten wir sie auch zu Hülfe nehmen, und dann das Ausspülen des Thons aus dem zersetzten Augitporphyre erklären.

als solcher eine plutonische Bildung, so kann dieser nur später entstanden sein. Nicht minder deutet im *Blagodat* die Umwandlung der Augitkrystalle in Uralit auf einen Process auf nassem Wege (S. 541). Sollte man diefs am allerwenigsten einräumen, so müfsten wir fragen, woher es denn kommt, dafs gerade die der Kuppe näher liegenden Augitkrystalle mit einer Hülle von Uralit umgeben sind; denn wären sie eine plutonische Metamorphose, so müfsten sie sich gerade in der Tiefe, dem plutonischen Heerde näher, finden. Wohl aber entspricht dieses Vorkommen einer neptunischen Metamorphose, weil die Krystalle an der Kuppe zunächst dem Angriffe der Gewässer ausgesetzt sind, welche Kalkerde aus ihnen fortführen mufsten, damit sie sich in Uralit umwandeln konnten. Ganz dasselbe gilt auch vom Magneteisen im *Blagodat*. Auch dieses mengt sich dem Augitporphyr zuerst am Gipfel bei und deutet also ebenfalls darauf, dafs es Gewässer waren, welche seine Ausscheidung bewirkt haben.

Könnte, mufs man schliefslich fragen, nicht das Magneteisen in mehr genannten Magnetbergen ein Auslaugeproduct, und der Thon der Rückstand des zersetzten Augitporphyrs sein? — Hierbei könnte man an eine Fortführung des Eisenoxyduls als Carbonat durch Gewässer, und an eine Unwandlung des abgesetzten Spatheisensteins in Magneteisen, durch Verlust von Kohlensäure und durch Aufnahme von Sauerstoff denken. Ein solcher Procefs scheint sogar in der von Kapp beobachteten und von Blum beschriebenen Pseudomorphose des Magneteisens nach Eisenspath eine Stütze zu finden *). Allein da diese Umwandlung die wahrscheinliche Folge eines Erdbrandes ist, so können wir darauf in jenem Falle keinen Bezug nehmen. Sollte eine Umwandlung des Eisenspaths in Magneteisen auf nassem Wege möglich sein: so müfste man bei dem so häufigen Vorkommen des ersteren in Gängen jemals auf eine Erscheinnng gestofsen sein, welche darauf hinwiese. Zwar finden wir den Eisenspath sehr häufig umgewandelt, aber nur in Rotheisenstein, Brauneisenstein und nie in Magneteisen. Gleichwohl ist es unzweifelhaft, dafs das

*) n. Jahrb. für Mineral. u. s. w. 1843. S. 485 und Nachtrag zu den Pseudomorphosen. S. 100.

Magneteisen nicht blofs als ein Zersetzungproduct des Augits oder anderer eisenhaltiger Fossilien sich darstellt, sondern dafs es auch als Absatz aus Gewässern durch irgend einen bis jetzt unbekannten Procefs entstehen kann. Mehrere unter den nachbenannten Fundorten des Magneteisens (namentlich auf Quarzgängen, Klüften und Drusen) lassen eine andere Vorstellung nicht zu.

Die zur silurischen Formation gehörenden grünlich grauen Schiefer von *Deville* und die grauen Schiefer von *Rimogne* enthalten Magneteisen und zwar jene in Krystallen *). Ueberhaupt ist sein Vorkommen im Thonschiefer, theils eingesprengt, theils auf Gängen (Quarzgängen) gar nicht selten. Im Schalstein, wie bei *Odersbach* im Herzogthum *Nassau*, kommen Lager von Magneteisen vor, in welchen sich zuweilen Speckstein findet **). Auf Klüften und in Drusen von Mandelstein (*Steinberg* unweit *Eppenhain*), auf Kluftflächen und in Blasenräumen von Dolerit (*Pfalberg* unfern *Sessenbach* im *Nassauischen*), findet es sich krystallisirt.

Sehr häufig kommt das Magneteisen im Serpentin, Talk- und Chloritschiefer, manchmal auch im Talk und Speckstein vor. Zu *Finbo* bei *Fahlun* sind schöne Magneteisenkrystalle bisweilen so mit Talk überzogen, dafs diese Hülle kaum zu trennen ist. Da diese Gebirgsmassen nichts anderes, als auf nassem Wege umgewandelte krystallinische Gesteine sind: so ist zwar denkbar, dafs in manchen, wie etwa im Eklogit, der sich in Serpentin umwandeln kann, das Magneteisen schon präexistirt habe; allein am häufigsten ist es wohl ein Zersetzungsproduct der eisenhaltigen Silicate, vorzugsweise des Augits. Für diese secundäre Bildung spricht besonders, dafs gerade die ausgezeichnetsten Magneteisenkrystalle in Serpentin, Talk- und Chloritschiefer, theils eingewachsen, theils in Klüften dieser Gesteine vorkommen; denn während solcher lang anhaltender Umwandlungsprocesse hätten sich wohl vorhanden gewesene Krystalle nicht erhalten können, da das Magneteisen, beständigen Einwirkungen der Gewässer ausge-

*) Sauvage in Annal. des Mines quatr. série. T. VII. p. 411.

**) Fridolin Sandberger Uebers. der geol. Verh. des Herzogthums Nassau, S. 35.

setzt, in Brauneisenstein übergeht. Dagegen finden sich in den langsamen Umwandlungsprocessen die Bedingungen der Ausbildung ausgezeichneter Krystallgestalten. Das Zusammenvorkommen von Augit, Hornblende, Granat, Serpentin und Magneteisen zu *Orpus* und *Presnitz* in *Böhmen* und die von Granat und Magneteisen begleiteten Hornblendegesteine im *Kaurimer-Kreise,* welche Unterbrechungen im Schiefergebirge bilden *), deuten auf ähnliche Umwandlungsprocesse, wie zu *Arendal.* Ganz entschieden zeigt Kersten's Analyse eines Serpentins in Formen von Granat (S. 491—493) die Ausscheidung von Magneteisen bei der Umwandlung des Granats in Serpentin.

Hinsichtlich des Vorkommens des Magneteisens im Hornblendegestein erinnern wir an die von Forchhammer nachgewiesenen Umwandlungen (S 568). Die Möglichkeit müssen wir indefs zugeben, dafs sich bei Zersetzung der Hornblende auch Magneteisen ausscheiden könne **).

*) Zippe in den Abhandl. der k. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften. Folge V. Bd. IV.

**) In dem, durch seine magnetischen Eigenschaften zu seiner Zeit, durch von Humboldt so berühmt gewordenen Hornblendegestein des *Heidebergs,* bei *Zelle* im *Fichtelgebirge*, erscheint das Magneteisen als ein metallisch glänzender Anflug und in kleinen Körnern. Hier und da finden sich sogar kleine Octaëder. Im Serpentin und Chloritschiefer dieses Berges erscheint das Magneteisen eben so fein eingesprengt. Ich pülverte diese Gesteine und sonderte mit einem Magnete die magnetischen Stäubchen von den nicht magnetischen. Das Hornblendegestein gab 13,59, der Serpentin 24,615 Proc. dem Magnete folgsames Pulver. Da indefs das specifische Gewicht des letzteren nur 2,636 betrug, während das des unmagnetischen Pulvers 2,456 war, und das des Magneteisens 5 ist: so kann dieses Pulver kein reines Magneteisen, sondern blofs ein Gemeng aus diesem und aus der unmagnetischen Grundmasse des Gesteins gewesen sein. Aus jenen specifischen Gewichten berechnet sich, dafs jenes mit dem Magnete ausgezogene Pulver nur 7,08 Proc. reines Magneteisen enthalten haben konnte. Die ganze Menge des Magneteisens in dem genannten polarisirenden Serpentin würde demnach nur ungefähr 1,74 Proc. betragen.

Da ich das specifische Gewicht des mit dem Magnete

Sind, wie wir nicht bezweifeln können, Glimmerschiefer und Gneifs auf nassem Wege metamorphosirte sedimentäre Gesteine, so kann das, namentlich in ersterem nicht selten vorkommende Magneteisen nur als ein Zersetzungs-Product von Eisenoxydulsilicaten gedacht werden.

Das so häufige Vorkommen des Magneteisens in körnigem Kalke, oder mit Kalkspath verwachsen, läfst eine andere Entstehung, als auf nassem Wege gar nicht zu.

Magneteisenkrystalle, meist sehr kleine, finden sich am *Vesuv* in Gemengen aus glasigem Feldspath und Nephelin, und in Blasenräumen ausgeschleuderter Laven, begleitet von Harmotom. Mein Freund Blum besitzt eine solche Lava, in deren Poren nicht blofs Magneteisen und Harmotom neben einander sitzen, sondern ein kleines Octaëder von Magneteisen liegt auf dem Harmotom und wird sogar ganz oder theil-

ausgezogenen magnetischen Pulvers vom Hornblendegesteine zu bestimmen versäumt hatte, so läfst sich das Magneteisen in demselben nicht auf gleiche Weise berechnen. Aus der noch geringeren Menge des ausgezogenen Pulvers ist aber zu schliefsen, dafs das Magneteisen im Hornblendegestein wahrscheinlich noch weniger, als 1,74 Proc. betragen haben mag. Physikalisch-statistische Beschreibung des Fichtelgebirges von Goldfufs und Bischof. 1817. Th. I. S. 200 ff. und Bischof über die magnetischen Eigenschaften einiger Gebirgsarten des Fichtelgebirges in Schweigg. Journ. 1816. Bd. XVIII. S. 297 ff.

Solche so sehr geringe Mengen Magneteisen in Gebirgsarten, wie im Serpentin und Hornblendegestein, können sehr wohl als Zersetzungs-Producte von Hornblende und anderen zusammengesetzten Eisenoxydulsilicaten gedacht werden. Es würde einiges Interesse gewähren, wenn man mittelst des Magnets das Magneteisen aus diesen und ähnlichen Gesteinen von verschiedenem Vorkommen, worin es so fein eingesprengt wie dort sich findet, auszöge, und dessen Menge approximativ zu bestimmen suchte. Fänden sich stets nur geringe Quantitäten, so würde die Vermuthung, dafs das Magneteisen in diesen Gesteinen nur ein Zersetzungsproduct zusammengesetzter Eisenoxydulsilicate sei, sehr an Wahrscheinlichkeit gewinnen; denn so geringe Mengen Magneteisen würden ebenfalls nur geringe Mengen zersetzter Eisenoxydulsilicate voraussetzen, und dadurch könnte, selbst wenn der Rest derselben fortgeführt worden wäre, das Gestein doch nur wenig porös geworden sein.

weise von diesem umschlossen. Letzteres Magneteisen ist unstreitig eine spätere Bildung, als der Harmotom. Da dieses Fossil ein Zeolith, ein Infiltrations-Product in Blasenräumen von Mandelsteinen ist, welches 15 Procent Wasser hält: so kann der auf ihm sitzende Magneteisenkrystall unmöglich eine vulkanische Bildung sein. Hier nützt es nichts, Zuflucht zum Drucke nehmen zu wollen, um den Wassergehalt des Harmotoms zu erklären; denn wenn jene Lava einem auch noch so grofsen Drucke im *Vesuv* ausgesetzt gewesen wäre, nach ihrem Auswurfe hätte sie unter dem einfachen Luftdrucke, während ihres noch lange fortdauernden erhitzten Zustandes, dieses Wasser nicht zurückhalten können. Man wird nicht behaupten wollen, die Drusenräume, worin sich der Harmotom mit dem Magneteisen befand, seien hermetisch verschlossen gewesen; denn wäre die Lava, bei ihrem Auswurfe, noch weich gewesen, und hätten diese beiden Fossilien darin schon präexistirt: so würde das Wasser des glühenden Harmotoms unfehlbar den Blasenraum zersprengt und sich Luft gemacht haben. Wäre hingegen die Lava schon fest, aber noch glühendheifs gewesen: so würde sie die ihr eigene poröse Beschaffenheit gehabt haben, welche eben so wenig das Wasser des Harmotoms hätte zurückhalten können. So wie sich in Blasenräumen der Mandelsteine Harmotom als ein Infiltrations-Product bildet, so bildete sich dieses Fossil auch in der Lava, und zwar lange nach dem Ausfliefsen derselben aus dem Vulkan. Kann man aber für das Magneteisen eine andere Bildungsart annehmen? — An Material zu seiner Bildung, an Augit, fehlt es weder in der Lava noch in den vulkanischen Bomben. Auch körnige Massen von Magneteisen mit kleinen Glimmer-Theilchen gemengt und mit zierlichen Glimmerkrystallen finden sich in Drusenräumen von Lava. Da wir Glimmer als eine Pseudomorphose nach Augit und Feldspath finden, so kann es nicht befremden, in Drusenräumen einer Augitlava, neben Magneteisen, neben einem möglichen Zersetzungsproducte des Augits, auch Glimmer zu finden.

Bemerkenswerth, und die Bildung auf nassem Wege überhaupt sehr beweisend, ist das so häufige Vorkommen des krystallisirten Magneteisens in Drusenräumen, und sogar in

solchen von derbem Magneteisen, welche zu den ausgezeichnetesten Fundorten der Magneteisenkrystalle gehören. Ganz entschieden für diese Bildung spricht eine Stufe von körnigem Magneteisen mit feinen Quarzkörnchen gemengt, worin ein Kern von Spirifer speciosus gerade so, wie diese Versteinerung in der Grauwacke so häufig steckt. Blum hatte die Güte, mir diese Mittheilung zu machen. Das Exemplar ist aus *Neuschottland*, ohne nähere Angabe des Fundorts. Ein anderes von diesem, um solche Untersuchungen so sehr verdienten Mineralogen, mitgetheiltes, interessantes Vorkommen des Magneteisens, möge hier noch erwähnt werden. Wie am *Blagodat*, so findet sich auch zu *Traversella* in *Piemont* Magneteisen nicht selten im Gemenge mit Eisenkies. Adern von Bitterspath durchziehen es, und in Drusenräumen sind die schönsten Bergkrystalle vorhanden, auf welchen wieder Bitterspath und Eisenspath sitzen: Beweise genug für lange anhaltende und oft wiederholte Bildungen auf nassem Wege.

Das Vorkommen des Magneteisens in augitischen Gesteinen, wie im Basalt, Dolerit u. a. oder in Begleitung von Augit führt zu der Frage, ob vielleicht auch dieses Magneteisen von zersetztem Augit herrühre?

Abstrahiren wir von der Bildungsart der Basalte, und sehen wir, ob es als möglich zu denken ist, dafs sich nach ihrer Entstehung Magneteisen aus ihrer Mischung ausscheiden könne. C. G. Gmelin *) zeigte, dafs sich der Basalt durch Behandlung mit Säuren in zwei Gemengtheile zerlegen läfst, wovon der eine dadurch zersetzt wird und gelatinirt, der andere aber unzersetzt bleibt. Jener zählt Kali, Natron und Wasser zu seinen Bestandtheilen, dieser kommt in seiner Zusammensetzung dem Augit nahe. Der gelatinirende Gemengtheil beträgt in drei Basalten (von *Stetten*, *Hohenstoffeln* und vom *Sternberg*) 61,5 bis 87,7 Proc. vom Gewichte derselben, und die Kieselsäure 35 bis 37 Proc. vom Gewichte des gelatinirenden Bestandtheils. Die Basen sind daher im bedeutenden Ueberschusse vorhanden und können defshalb nicht alle als Silicate darin gedacht werden. Eisenoxyduloxyd ist gegen die an-

*) v. Leonhard's Basaltgebilde. Erste Abtheil. S. 266 ff.

deren Basen vorherrschend: es beträgt 16 bis 18,3 Proc. Da nicht anzunehmen ist, dafs Thonerde oder Kalkerde oder Magnesia oder die Alkalien unverbunden mit Kieselsäure im gelatinirenden Gemengtheil existiren: so bleibt diese Annahme nur für das Eisenoxyduloxyd übrig, und sie ist gerechtfertigt, weil sich Magneteisen wirklich im Basalt findet. Gmelin nahm daher das im gelatinirenden Gemengtheil gefundene Eisenoxyduloxyd für Magneteisen, und zog es von der ganzen Mischung ab. Diesem Beispiele folgten die Chemiker, welche nach ihm Basalte analysirten, und so finden wir von ihnen 2 bis 17 Procent Magneteisen in den verschiedenen Basalten angeführt. Dagegen erinnert aber Rammelsberg *), dafs im gelatinirenden Antheil der Olivin des Basaltes mitbegriffen ist, da sich derselbe in concentrirter Salzsäure, wenn dieselbe zur Zersetzung des Basalts genommen wird, sehr leicht auflöst und damit gelatinirt **). Wird daher die Menge des Magneteisens blofs aus dem Eisengehalte in der salzsauren Auflösung berechnet, die des Olivins aber nicht angegeben: so wird jene zu hoch gefunden. Die erwähnte Bestimmung des Magneteisens ist daher in olivinhaltigen Basalten ganz unrichtig, und jene Quantitäten von 2 bis 17 Proc. müssen eine Verminderung erleiden.

Dafs der Basalt sich, wenn wir ihn für eine plutonische Bildung nehmen, nicht mehr in seinem ursprünglichen Zustande befindet, zeigt sein Wassergehalt, der, nach einer Reihe von Versuchen von Girard, im Mittel 2,5 Proc. beträgt. Dieses chemisch gebundene Wasser kann nur nach seiner vorausgesetzten plutonischen Bildung aufgenommen worden sein. Man kann es nur dem gelatinirenden Gemengtheil zurechnen, da weder das Magneteisen noch der Augit und Olivin, wenn die beiden letzteren noch nicht in Zersetzung begriffen sind, Wasser enthalten. Eben defshalb hat man den gelatinirenden Gemengtheil zu dem zeolithartigen gezählt.

Unsere bisherigen Untersuchungen haben schon so oft dahin geführt, dafs die Aufnahme von Wasser stets der Anfang der Zersetzung oder wenigstens der Veränderung eines

*) Handwörterbuch, erste Abth. S. 77.

**) Berzelius in dess. Jahresb. XV. S. 217.

Fossils ist. Sollte daher nicht in der Grundmasse des Basalts, als eine gleichförmige Mischung aller ihrer Bestandtheile gedacht, eine andere Gruppirung derselben eintreten, wenn von ihr Wasser aufgenommen und chemisch gebunden wird? — Von den Basen in dieser Grundmasse ist es, wie oben bemerkt, allein das Eisenoxyduloxyd, welches im isolirten Zustande bestehen kann. Ist es gar nicht an Kieselsäure gebunden, oder ist dieses Verwandtschaftsband wegen des großen Ueberschusses der anderen Basen wenigstens nur schwach: so kann ein geringer Anstofs, der durch die Aufnahme von Wasser gegeben wird, zur Isolirung oder zur Ausscheidung des Eisenoxyduloxyds hinreichen.

Die leichteste Beweglichkeit der kleinsten Theile der Körper findet Statt, wenn sie in einer Flüssigkeit aufgelöst sind; daher das alte chemische Axiom: Corpora non agunt nisi fluida. Dafs dieses Axiom nicht in völliger Allgemeinheit gilt, dafs sogar feste Körper im festen Zustande auf einander wirken können, davon finden sich in der Chemie viele Beispiele. Man kann vermuthen, dafs das von der Grundmasse des Basalts aufgenommene Wasser eine gewisse Beweglichkeit der kleinsten Theilchen in der starren Masse bedinge; denn weil es in chemische Verbindung tritt, so müssen sich diese Theilchen anders gruppiren. Die gleichartigen kleinsten Theilchen können dann, der Zusammenhangsverwandtschaft folgend, als selbstständige Körper ausgeschieden werden. Wenn geringe Temperaturveränderungen in manchen Körpern, wobei diese noch lange nicht zum Schmelzen kommen, Veränderungen in der Form und sogar in der Mischung herbeiführen, wenn das Stabeisen in der Glühehitze, wobei es nur eben erweicht, den unschmelzbaren Kohlenstoff aufnimmt und sich damit zu Stahl verbindet, wenn die Wärme diefs bewirkt, ohne dafs sie die Körper flüssig macht, warum sollte nicht auch das Wasser durch seinen Zutritt zu festen Körpern, ähnliches bewirken können, ohne dafs es den flüssigen Zustand herbeiführt? —

Es könnte sich daher das Magneteisen, welches wir im Basalte in kleinen, oft nur in mikroskopisch kleinen Körnern finden, erst im Laufe der Zeit, nachdem die Grundmasse Wasser aufgenommen hatte, abgesondert haben. Diese Absonderung eines, schon ursprünglich in der Grundmasse vor-

handen gewesenen Eisenoxyduloxyds würde wohl zu unterscheiden sein von der Ausscheidung desselben aus einem eisenhaltigen Silicat, z. B. aus Augit. Hier, wo das Eisenoxydul und die übrigen Basen mit der Kieselsäure zu einem innigen chemischen Gemisch verbunden sind, mufs erst das Verwandtschaftsband, welches jenes an diese Säure knüpft, gelöst werden durch Stoffe, die stärkere Verwandtschaften haben, ehe das Eisenoxydul als Magneteisen zur Abscheidung kommen kann. Hier ist das Magneteisen ein Zersetzungsproduct, dort würde es ein blofses Educt sein.

Es versteht sich von selbst, dafs eine solche Absonderung schon vorhandenen Eisenoxyduloxyds keineswegs einzig und allein die plutonische Bildung des Basalts voraussetzt. Auf gleiche Weise kann auch die Absonderung des Eisenoxyduloxyds aus sedimentären Formationen gedacht werden. Das oben (S 584) bemerkte, gar nicht seltene Vorkommen des Magneteisens in diesen Formationen kann wohl nur ein Educt sein; denn die Präexistenz desselben, besonders als unversehrte Krystalle, in Absätzen des Meeres ist durchaus nicht anzunehmen.

Was jene vorausgesetzte Ausscheidung des Magneteisens aus dem Basalte betrifft, so müfste dieselbe vor der säulenförmigen Absonderung erfolgt sein; denn an einem andern Orte *) habe ich schon bemerkt, dafs man im Steinbruche bei *Unkel*, in nachbarlichen Basaltsäulen, zerrissene Magneteisenbrocken findet, und Nöggerath **) fügt hinzu, dafs oft die getrennten Theile dieser Brocken, durch welche die Absonderungen des Basalts hindurch gehen, nicht mehr in gleicher Höhe liegen, sondern dafs der eine Theil gegen den andern in den sich berührenden Säulen mehr oder weniger, oft um einige Zolle höher oder tiefer erscheint. Die getrennten Magneteisen-Parthien hatten sich also nach der säulenförmigen Absonderung gegen einander verschoben.

In diesem Basalte ist das Magneteisen, welches nach Rammelsberg's Analyse ***) 11,51 Proc. Titansäure ent-

*) n. Jahrb. für Mineral. u. s. w. 1843. S. 25.

**) Der Bergschlüpf an den Unkler Basaltsteinbrüchen S. 11.

***) Poggend. Annal. Bd. LIII. S. 129.

hält, ein sehr frequenter Gemengtheil. Es erscheint ausgeschieden in den kleinsten Parthien bis zur Gröfse von mehr als einem Zoll. Dieselben sind meist rundlich, ohne Spuren von Krystallisation, mit schönem muscheligem Bruche.

Mehrere Stufen von solchem Basalte mit Titaneisen wurden mit Salzsäure geprüft. Nur bei einigen entwickelten sich zwischen diesem und der umgebenden Basaltmasse sparsam mikroskopisch kleine Gasbläschen; bei andern war davon nicht das mindeste wahrzunehmen. Diese Gasbläschen rührten ohne Zweifel von ganz geringen Mengen Carbonaten (Kalk- und Eisenoxydulcarbonat u. s. w.) her, welche die, zwischen dem Titaneisen und Basalt eingedrungenen, Gewässer durch Zersetzung von Silicaten erzeugt haben. Unmöglich können sie aber die Folge von Zersetzungsprocessen der augitischen Masse sein, wodurch das Titaneisen ausgeschieden worden wäre. Zahlreiche Beispiele im Vorhergehenden haben dargethan, dafs mit der Zersetzung des Eisenoxydulsilicats auch stets eine Zersetzung des Kalksilicats in kohlensauren Kalk verknüpft ist. Letzterer müfste sich entweder in den Umgebungen der Titaneisen-Parthien durch starkes Brausen mit Säuren zu erkennen geben, oder die umschliefsende Basaltmasse müfste sich, wenn er durch Gewässer fortgeführt worden wäre, zersetzt oder porös zeigen. Die Verwitterung hat aber auf den in Rede stehenden Basalt überhaupt nur selten eingewirkt. Wo sie sich zeigt, giebt sie sich besonders durch ein körniges Zerfallen der Massen zu erkennen. Sollten sich daher diese Titaneisen-Parthien erst nach der Bildung des Basalts abgesondert haben: so könnten sie nur Educte im obigen Sinne sein.

Wir kommen aber hier auf Verhältnisse, die sich schwierig mit einander verknüpfen lassen. Nicht blofs das Titaneisen, auch die Olivinparthien erscheinen oft zwischen zwei, mit ihren Seiten sich begrenzenden Basaltsäulen getheilt. Diese Erscheinung zeigt sich auch bei Säulen von anderem Vorkommen *). Während daher die Grundmasse der Basalte

*) v. Leonhard's Basaltgebilde Abth. I. S. 282. Das merkwürdige Phänomen der säulenartigen Absonderungen findet man hier von allen Seiten sehr gründlich beleuchtet. S. 273—285.

noch eine gewisse Weichheit und Plasticität besitzen mufste, um sich so zu sondern, dafs glatte Säulenflächen entstehen konnten, mufste das Titaneisen und der Olivin völlig erhärtet gewesen sein; denn nur dann konnten diese so zerreifsen, wie wir sie finden. Dieser Umstand spricht allerdings mehr für eine Bildung auf feurigem als auf nassem Wege; denn denkt man sich die basaltische Grundmasse in einem durch Wasser erweichten Zustande, ähnlich dem Thone oder Mergel, welche beim Austrocknen auch manchmal senkrechte, säulenartige Zerspaltungen zeigen: so ist schwer zu begreifen, wie Titaneisen und Olivin darin so fest eingeschlossen sein konnten, dafs ihre Adhäsion sich stärker als ihre Cohäsion zu äufsern im Stande war. Dagegen sind gerade Olivin und Titaneisen die strengflüssigsten unter den Gemengtheilen des Basalts und viel strengflüssiger als die Grundmasse; diese Fossilien konnten daher vollkommen erhärtet gewesen sein, während die Grundmasse, obgleich noch in einem gewissen Zustande der Weichheit, doch so fest an ihnen adhärirte, dafs sie eher zerrissen, als aus ihrer Lagerstätte herausgerissen wurden. Setzt man aber eine plutonische Bildung des Basalts voraus, so mufs man von der Vorstellung einer Absonderung der in der Grundmasse zerstreut gewesenen Titaneisen- und Olivinpartikelchen nach der Bildung des Basalts abstrahiren.

Wollte man die Titaneisenparthien für Ausfüllungen von Drusenräumen halten, (wozu man in so weit berechtigt wäre, als Magneteisen wirklich in solchen Räumen, auf Kluftflächen u. s. w. gefunden wird, wenn wir auch nicht wissen, auf welche Weise es von Gewässern fortgeführt werden kann) so müfste natürlich die Infiltration vor der säulenförmigen Absonderung stattgefunden haben. Da sich im *Unkeler* Basalt wirklich Infiltrations-Producte, wie Mesotyp, Arragonit und ein specksteinartiges Fossil finden, welche Höhlungen von 1—3 Zoll Gröfse erfüllen *): so müfsten auch diese Fossilien zwischen benachbarten Basaltflächen getheilt erscheinen, wenn sie vor der säulenförmigen Absonderung existirt hätten. Diefs ist aber noch nicht wahrgenommen worden, und wir möchten zweifeln, dafs eine solche Erscheinung je wahr-

*) Nöggerath a. a. O. S. 15.

genommen werden wird; denn die Infiltrations-Producte sind gewifs erst lange nach der Bildung der Basalte, wie dieselbe auch erfolgt sein möge, entstanden *). Da wir unter diesen Producten Arragonit finden, ohne dafs jedoch der Basalt merkliche Verwitterung zeigt: so wird man versucht, sich nach Metamorphosen umzusehen, wodurch Kalk ausgeschieden wurde. In dieser Beziehung ist das Vorkommen von schwarzer Hornblende, selbst in Parthien bis zu 1½ Zoll Gröfse, aber stets derb, ohne alle Spuren von Krystallflächen, bemerkenswerth (S. 541). Die mangelnde Krystallisation kann nicht befremden; denn die Hornblende, wenn sie ein Umwandlungsproduct der augitischen Grundmasse sein sollte, würde entweder in ihrer eigenen Krystallform oder auch formlos, aber nicht in der Augitform erscheinen, da die augitische Grundmasse amorph ist (S. 274). Indefs wir können nicht in Abrede stellen, dafs jene Arragonite auch vom Löfs, der die Basalte bedeckt und mit Säuren stark braust, herrühren können, und um so mehr, da die Basaltbruchstücke zunächst unter dem Löfs mit Kalksinter zusammengekittet sind.

Das Titaneisen (Iserin) kommt in Basalten, Doleriten und Laven häufig vor. Sollte aber alles was man in Basalten für Magneteisen genommen hat, Titaneisen sein? — In diesem Falle hätte man in den verschiedenen, bis jetzt analysirten Basalten stets Titansäure finden müssen. Allein nur C. G. Gmelin **)

*) In den Seitenflächen der Basaltsäulen, welche in hiesiger Gegend so häufig als Ecksteine und als Pfosten für Geländer u. s. w. dienen, findet man zwar manchmal kleine Höhlungen, die mit einem Zeolith (Chabasit) erfüllt sind. Ob aber diese Zeolithe Bruchstücke von Einschlüssen in correspondirenden Höhlungen benachbarter Säulen sind, oder ob sie begrenzt waren von glatten Seitenflächen neben stehender Säulen oder von den, zwischen den Säulen meist eingeschlossenen thonigen Massen, die theils Zersetzungsproducte des Basalts sind, theils von Gewässern eingeführt wurden: diefs könnte nur bei anstehenden Säulen erkannt werden. Da die Kenntnifs solcher Verhältnisse für die Genesis der Basaltsäulen von nicht geringer Wichtigkeit ist: so ist es wünschenswerth, dafs sich darauf die Aufmerksamkeit der Gebirgsforscher besonders richten möge.

**) v. Leonhard Basaltgebilde. Abth. I. S. 269.

fand sie in einem Basalt aus der Gegend von *Wetzlar* und zwar 6,63 Proc., und Ebelmen *) in einem verwitterten Basalt von *Crouset* (*Haute Loire*) aber nur 0,6 Proc. In den übrigen Analysen von Basalt ist keine Titansäure angegeben, obwohl Magneteisen vorhanden war. Diese Säure kann indefs den Chemikern leicht entgangen sein, wenn ihre Aufmerksamkeit nicht besonders darauf gerichtet war. Da Gmelin die Titansäure nur im zersetzbaren Antheile des Basalts fand, so rührte sie wahrscheinlich von Titaneisen her.

Schliefslich noch die Bemerkung, dafs man im Magneteisen von *Norra*, nach Berzelius, von *Arendal* und *Schwarzenstein* im *Zillerthal*, nach v. Kobell, von *Thorsäker* in *Schweden*, von *Gelliwora* in *Lappland*, von *Arendal* und von *Berggieshübel* in *Sachsen*, nach Karsten, keine Titansäure gefunden hat. Da gewifs das Magneteisen von dem einen oder andern dieser Fundorte durch Zersetzung von Augit entstanden ist: so kann die Gegenwart der Titansäure nicht erwartet werden; denn in den Augiten hat man dieselbe noch nicht gefunden. Im Magneteisen von *Dannemora* fand indefs Karsten 0,25 und in dem aus dem Chloritschiefer in *Tyrol* 3,31 Procent Titansäure. Dafs die Eisenerze häufig Titan in vielleicht kaum durch die Analyse wahrnehmbaren Quantitäten enthalten, zeigt das nicht seltene Vorkommen metallischen Titans auf Eisenschlacken.

Fassen wir alles zusammen, was das Vorkommen des Magneteisens und Titaneisens in wenig veränderten krystallinischen Gesteinen, wie im Basalt, darbietet: so kommen wir zu der sehr wahrscheinlichen Vermuthung, dafs sich diese Fossilien bei der Bildung dieser Gesteine, mag dieselbe auf diesem oder auf jenem Wege erfolgt sein, aus der Masse ausgeschieden haben, und daher keine späteren Ausfüllungen von Drusenräumen sind.

Wenn alle Ideen von feuerflüssigen Bildungen nur entlehnt sein können von denjenigen Massen, die vor unsern Augen aus Vulkanen ausfliefsen oder ausgeworfen werden: so haben wir, um die Möglichkeit einer plutonischen Bildung des Magneteisens beurtheilen zu können, nachzusehen, ob und wie

*) A. a. O.

dieses Fossil in vulkanischen Massen vorkommt. Schon mehrmals haben wir aufmerksam gemacht, dafs keineswegs alles, was wir in Laven finden, auch auf feuerflüssigem Wege erzeugt worden sei. Das Magneteisen auf Harmotom in Drusenräumen von Lavà ist gewifs nicht im Momente der Erstarrung derselben entstanden. Auf der andern Seite ist auch aus dem Vorkommen des Magneteisens in dem vulkanischen Sande, welcher 1822 aus dem *Vesuv* ausgeworfen und bald darauf von Monticelli und Covelli *) untersucht wurde, keinewegs auf eine vulkanische Bildung zu schliefsen; denn ein solcher Sand wird nicht im Momente des Auswerfens aus geschmolzenen Massen gebildet, sondern er rührt von zermalmten Gesteinen her, deren Gemengtheile, obwohl sie aus einem Krater kommen, nicht nothwendig auf vulkanischem Wege erzeugt worden sein müssen. Auf eine ähnliche Weise verhält sich's mit dem so häufig im Bette der Bäche und Flüsse und am Ufer der Seen und des Meeres vorkommenden Titaneisen, worüber Cordier schätzbare Untersuchungen angestellt hat **). Entweder rührt es von einem Sande her, der wirklich von Vulkanen ausgeworfen wurde, oder von zerstörten Gesteinen (z. B. Basalt), welche das Titaneisen als Gemengtheil enthielten. Selbst das Magneteisen in Octaëdern von einem halben Zoll Durchmesser, welches Monticelli und Covelli ***) unter den Auswürflingen des *Vesuv's* vom October 1822 in knolligen oder geschmolzenen Massen fanden, dürfte wohl im Innern des Vulkans schon existirt haben. Es ist wenigstens nicht anzunehmen, dafs sich dieses Fossil in Krystallen von solcher Gröfse erst nach dem Auswerfen aus dem Krater aus geschmolzenen Massen ausgeschieden habe; sondern es ist wahrscheinlicher, dafs diese Krystalle von Gesteinen her-

*) Der Vesuv u. s. w. in deutscher Uebers. S. 137.

**) Journ. des Mines V. XXI. No. 124. Avril 1807. p. 249. und in Gehlen's Journ. f. Chem., Phys. und Mineral. Bd. IV. S. 191. Vergl. auch Klaproth's Beiträge Bd. V. S. 211. — Der titanhaltige Eisensand ist übrigens ein Gemenge von Titaneisen und Magneteisen, wefshalb der Gehalt an Titansäure sehr schwankt. Rammelsberg in dessen Handwörterbuch. Abth. II. S. 219.

***) A. a. O. S. 213.

rührten, in denen sie schon vorhanden waren. Da das Magneteisen bei weitem strengflüssiger, als eine z. B. basaltische Grundmasse ist: so konnte letztere durch die Gluth des Vulkans geschmolzen werden, und ersteres darin unverändert eingehüllt bleiben. Ebenso konnten die wenigen schwarzen Pünktchen von Magneteisen in der Lava, welche auch die Magnetnadel lebhaft bewegte und von derselben Eruption herrührte, darin präexistirt haben. Von den ganz kleinen, glänzenden Magneteisenoctaëdern, womit die Höhlungen einer mandelsteinartigen Lava von derselben Eruption überzogen waren, bleibt es indefs unbestimmt, ob sie darin schon vorhanden waren, oder erst während der Erstarrung gebildet wurden. Ueberhaupt läfst sich in allen den Fällen, wo man auf eine Präexistenz des Magnet- oder Titaneisens in den ausgeworfenen Massen zu schliefsen Ursache hat, gegen dessen Bildung auf vulkanischem Wege nichts erinnern. Das so häufige Vorkommen dieser Fossilien in Laven aus älteren Eruptionen, zum Theil in vorhistorischen Zeiten, wie in der Lava von *Capo di bove* in der Nachbarschaft von *Rom* *), in der Lava von *Sorrento* **) und von verschiedenen anderen Orten ***), kann, da das wiederholt angeführte Vorkommen des Magneteisens mit Harmotom die Möglichkeit einer spätern Ausscheidung auf nassem Wege darthut, nicht zu Gunsten einer Bildung während der Erstarrung der Lava angeführt werden.

Unsere Bemerkung (S. 589), dafs im gelatinirenden Gemengtheile des Basalts die Basen in solcher Menge vorhanden seien, dafs man das Eisenoxyduloxyd ganz oder theilweise als unverbunden mit Kieselsäure annehmen müsse, scheint auch für die Lava zu gelten. Im gelatinirenden Antheil einer Lava vom *Aetna* fand wenigstens Löwe †) 26,86 Proc. Eisenoxydul und nur 43,31 Proc. Kieselsäure, während die nicht gelatinirende nur 5,93 Proc. Eisenoxydul enthielt. Diese

*) Breislak in dessen Geol. Bd. III. S. 260.

**) Dessen Reisen durch Campanien, übersetzt von Reufs. Bd. I. S. 154 ff.

***) Dessen Geol. Bd. III. S. 433.

†) Poggend. Annal. Bd. XXXVIII. S. 159.

Lava enthält nur Krystalle von Labrador und Augit und kleine Körner von Olivin. Jene bedeutende Menge von Eisenoxydul rührt also nicht von schon vorhandenem Magneteisen her; sie zeigt aber die Möglichkeit, wie sich Eisenoxydul, welches wenig oder gar nicht an Kieselsäure gebunden ist, durch spätere Processe auf nassem Wege ausscheiden kann.

Gegen eine Ausscheidung von Eisenoxydul aus einem Gesteine als Magneteisen, auf nassem wie auf trocknem Wege, ist von chemischer Seite nichts zu erinnern, da eine dem Magneteisen ähnliche Verbindung künstlich auf nassem Wege dargestellt werden kann *), obgleich diese Darstellungsart im Mineralreiche nicht vorauszusetzen ist, und da sich beim Rösten des Spatheisensteins manchmal ganz regelmäfsig krystallisirte Magneteisenoctaëder bilden, jedoch nur dann, wenn die geröstete Masse in Flufs kommt. Solche sehr schöne Krystalle von der Eisenhütte zu *Harzgerode* habe ich bei Rammelsberg in *Berlin* gesehen.

Die verschiedenartigen Verhältnisse des Vorkommens des Magneteisens führen also zu dem Ergebnifs, dafs es theils das Resultat einer Ausscheidung auf nassem, theils auf feuerflüssigem Wege sein könne. Jene kann ein Educt oder ein Product sein: ein Educt, wenn Eisenoxydul oder Eisenoxyduloxyd schon isolirt vorhanden ist; ein Product, wenn diese Oxyde erst durch Zersetzung eisenhaltiger Fossilien, wie des Augits, aus der Mischung treten.

Eisenoxyd nach Magneteisen.

Blum **) führt mehrere Fundorte von octaëdrischem Eisenoxyd an: eine Stufe von *Pfitsch* in *Tyrol* und ein Gemeng aus Strahlstein und Chlorit, mit eingewachsenen Octaëdern, welche alle äufseren Kennzeichen von Magneteisen, aber einen ausgezeichnet kirschrothen Strich haben. Nur einige Krystalle besitzen einen feinen Ueberzug von Rotheisenocher, noch seltener sind sie etwas rissig, oder in der Richtung der Blätterdurchgänge geborsten, wo dann der Ocher

*) Berzelius Lehrb. der Chem. 5. Aufl. Bd. II. S. 710.

**) Die Pseudomorphosen. S. 32.

in das Innere gedrungen ist. Auf die Magnetnadel wirken diese umgewandelten Krystalle nur schwach oder gar nicht. Eine andere Stufe, aus Chloritschiefer bestehend, von *Goyabeiras* bei *Congonhas do Campo* in *Brasilien* umschliefst viele Magneteisenoctaëder, von denen diejenigen, welche in der Verwitterungsrinde der sehr eisenreichen Gebirgsart vorkommen, sich in Oxyd umgewandelt haben, während die anderen in der Masse sitzenden, zu der die äufseren Einwirkungen noch nicht gedrungen sind, ganz unverändert erscheinen. Dieselbe Erscheinung zeigt sich auch an einem Talkschiefer von *Serra de Ouro Preto*, der gleichfalls viele octaëdrische Krystalle umschliefst. Diese pseudomorphosirten Magneteisenoctaëder kommen auch mit Magneteisen und Hornblende in der Nähe von *Kragerö* vor *). Im Serpentin von *Kalinowkoi* findet sich gleichfalls eine grofse Menge kleiner Magneteisenoctaëder, die zum Theil in rothes Eisenoxyd umgewandelt sind und wenig Zusammenhalt haben **). Sie unterscheiden sich daher von den schönen und grofsen Afterkrystallen des Eisenglanzes (Breithaupt's Martit) aus dem *Araçoiava-Gebirge* in *Brasilien*.

Besteht das Magneteisen, nach Berzelius, aus

Eisenoxyd	69,02
Eisenoxydul	30,98
	100,00

so mufs dieses Oxydul 3,44 Sauerstoff aufnehmen, um sich in Eisenoxyd umzuwandeln; das absolute Gewicht des Magneteisens nimmt also um 3,44 Proc. zu. Da die mittleren spec. Gewichte des Magneteisens und des Eisenoxyds = 5,05, mit einander übereinstimmen: so nimmt das Volumen des Magneteisens, bei seiner Umwandlung in Eisenoxyd, in demselben Verhältnisse, wie das absolute Gewicht, d. h. um 3,44 Proc. zu. Es ist indefs zu bemerken, dafs das spec. Gewicht dreier Martite, nach Breithaupt ***), zwischen 4,809 und

*) Weibye in Karsten's und von Dechen's Archiv Bd. XXII. S. 517.

**) G. Rose Reise u. s. w. Bd. II. S. 234.

***) Schweigg. Journal Bd. LIV. S. 158.

4,832, also unter das Mittel, ja sogar unter das Minimum des spec. Gewichts des Magneteisens fällt. Bei diesen Fossilien würde daher, wenn das ursprüngliche specifische Gewicht des Magneteisens 5,05 war, eine Zunahme des Volumens um mindestens 8,62 Proc. stattgefunden haben. Haidinger *) weiset darauf hin, wie durch das Zusammentreten platter, verschieden gegen einander liegender Krystalle von Eisenglanz, an welchen die Fläche senkrecht auf der Axe der Fundamental-Rhomboëder sehr vergröſsert ist, die rohe Form eines Octaëders hervorgerufen werde. Es scheint daher, daſs auf diese Weise Zwischenräume zwischen jenen, verschieden gegen einander liegenden Krystallen entstehen, wodurch das specifische Gewicht bei der Umwandlung scheinbar abnimmt. Breithaupt's kaminoxenes Eisenerz **) ist, nach Blum, gleichfalls ein umgewandeltes Magneteisen. Dieses hat aber sehr nahe das specifische Gewicht desselben und des Eisenoxyds.

Pinit nach Augit.

Sillim ***) beschreibt einen Pinit, der von der gewöhnlichen Säulenform, von den Pseudomorphosen nach Cordierit, gänzlich abweicht und die Form eines umgewandelten Augitkrystalls hat. Es ist ein loser Krystall von *Mangat* in der *Auvergne*.

Umwandlung des Augits in Chabasit.

In einem basaltischen Augit- und Hornblendegestein (Basalttuff) von *Hartlingen* im Herzogthum *Nassau*, wovon der Bergmeister Grandjean mir mehrere Exemplare mitzutheilen die Güte hatte, kann man die Umwandlung des Augits und der Hornblende in Chabasit gut beobachten. Die Chabasitkrystalle ziehen sich gewöhnlich wie ein Kranz um einen Augitkrystall herum. Nicht selten bildet ein Augitkrystall die Basis einer sich röhrenförmig in einen Blasenraum erstreckenden Chabasit-Druse. Der Chabasit ist am Augit eben so krystallisirt, wie z. B. Zuckerkrystalle um einen Faden †).

*) Poggend. Annal. Bd. XI. S. 188.

**) A. a. O. S. 157.

***) n. Jahrb. f. Mineral. u. s. w. 1848. S. 397.

†) Fridolin Sandberger Uebers. der geol. Verh. des Herzogthums Nassau, S. 76 u. 98.

Augit nach Wernerit.

Der von Nordenskiöld erwähnte Pseudoskapolith (Bd. I. S. 518 u. 519. Bd. II. S. 405) ist, nach gefälliger Mittheilung von meinem Freunde G. Rose, ein Skapolith, der auf seiner Oberfläche in Diopsid oder grünen Augit umgewandelt ist. In der Königlichen Mineralien-Sammlung in *Berlin* sah ich: 1) einen Afterkrystall von Augit, von *Pargas* in *Finnland*, in der Form von Skapolith; 2) eine andere Stufe, wo Skapolith in Augit und dieser in Glimmer umgewandelt zu sein schien; 3) viele Augite im Kalkspath eingewachsen, von *Pargas*, und darunter einen Skapolith, auf welchem kleine Augite safsen; 4) eine vierte Stufe, wo mehrere kleine Augite auf Skapolithen safsen.

Diefs sind die Erscheinungen, welche die Möglichkeit einer secundären Bildung des Augits zeigen, worauf oben (S. 510) gedeutet wurde.

Um einen allgemeinen Ueberblick der so mannichfaltigen Umwandlungsprocesse des Augits zu erlangen, ist uns noch die Betrachtung des Diallag, Bronzit und Hypersthen übrig, welche, da sie die Krystallformen des Augits haben, nur als Varietäten desselben zu betrachten sind. Da diese Fossilien eigenthümliche Gebirgsarten zusammensetzen, so betrachten wir sie in einem besonderen, in dem folgenden Kapitel. Am Schlusse desselben werden wir jenen allgemeinen Ueberblick zu gewinnen suchen und gleichzeitig die Gebirgsarten in's Auge fassen, in denen die verschiedenen Varietäten des Augits als Hauptgemengtheile vorkommen.

Kap. V.

Diallag, Bronzit und Hypersthen.

A. Diallag und Bronzit.

Als wesentlicher Gemengtheil des Gabbro, einer an verschiedenen Orten (wie unter andern an der *Baste* am *Harz*) mit Labrador vorkommenden Gebirgsart, die sich oft viele Meilen weit ausdehnt und in einzelnen Bergen Höhen von mehreren tausend Fufs erreicht, hat der Diallag eine geologische Bedeutung. Der Bronzit findet sich im Basalt, jedoch nur selten (bei *Unkel* am *Rhein*, *Stempel* bei *Marburg* in *Hessen*), in augitreichen Doleriten (*Island*), am häufigsten in Serpentin. Bemerkenswerth ist sein Vorkommen auf Gängen in körnigem Kalk (*Amity* in *New-York*).

Nach den Analysen der Diallage und Bronzite von Köhler *); Regnault **), v. Kobell ***), Schafhäutl †), haben die ersteren im Allgemeinen die Zusammensetzung der thonerdehaltigen Augite; die letzteren, obgleich von ähnlicher

*) Poggend. Annal. Bd. XIII. S. 101.

**) Ebend. Bd. XLVI. S. 297.

***) Journal f. pract. Chemie. Bd. XXX. S. 472. u. Bd. XXXVI. S. 303. Kobell schlägt vor, die kalkreiche Species Diallag und die kalkarme oder ganz kalkfreie Bronzit zu nennen: ein Vorschlag der Beifall verdient.

†) Annal. d. Chem. und Pharm. B. LI. S. 254.

Mischung, zeichnen sich aber durch einen ungewöhnlichen Gehalt an Magnesia aus, und in dem Verhältnisse, als letztere hervortritt, tritt der Kalk zurück oder verschwindet ganz. Nach den Analysen der beiden ersteren Chemiker sind sie alle wasserhaltig und der Wassergehalt schwankt zwischen 0,2 u. 3,6 Proc.

Der einzige bis jetzt krystallisirt gefundene Diallag ist der von der *Baste*. Er hat die Krystallform des Augits und zwar die gewöhnlichste, unter welcher letzterer in den Basalten erscheint. Seine Zusammensetzung ist nach Köhler

		Sauerstoffmengen
Kieselsäure . .	53,739	$\frac{27,90}{2} = 13,95$
Kalk	4,729	1,34
Magnesia . . .	25,093	9,72
Eisenoxydul . . .	11,510	2,55
Manganoxydul . .	0,233	0,05
Thonerde . . .	1,335	0,62
Wasser	3,758	—
	100,397	14,28

Diese Sauerstoffmengen stimmen daher mit denen der thonerdefreien Augite überein; denn die Differenz zwischen gefundenen und berechneten Sauerstoffantheilen der Basen ist nur + 0,33.

Köhler und Regnault finden dieselbe Uebereinstimmung auch bei den nicht krystallisirten Diallagen und Bronziten; sie vernachlässigen aber den Thonerdegehalt. Da die Berechnung der Sauerstoffantheile bei nicht krystallisirten Fossilien keinen Zweck haben kann: so gehen wir darauf nur in so weit ein, als sich aus diesen Analysen eine nicht minder nahe Uebereinstimmung mit dem derben Augite ergeben möchte.

Der Annahme, dafs die genannten Fossilien umgewandelte Augite seien, dürfte nichts entgegenstehen, und sie wird durch ihren Wassergehalt unterstützt. Dieses Wasser ist chemisch gebunden; denn, nach Regnault, entweicht es theil-

weise erst bei 96° R. Jener krystallisirte Diallag ist dem gemäfs als eine Pseudomorphose nach Augit zu betrachten. Da eine so bedeutende Menge Magnesia, wie im obigen krystallisirten Diallag, nicht in Augiten, namentlich nicht in thonerdehaltigen vorkommt, da sie in den nicht krystallisirten Diallagen bis auf 32,7 Proc. steigt: so wird es sehr wahrscheinlich, dafs ein Theil dieser Erde durch Austausch gegen Kalk von den Augiten aufgenommen worden sei. Aus folgender Zusammenstellung ersieht man deutlich, wie sich die augitische Mischung nach und nach der eines eisenhaltigen Magnesiasilicats nähert.

	Augit aus der *Rhön* Kudernatsch.	Diallag von *Grossart* a. d. *Salzburgischen.* Köhler.	Bronzit v. *Kraubat* in *Obersteiermark.* Klaproth *).	Bronzit v. *Ujardlersoat* in *Grönland.* von Kobell **).
Kieselsäure .	50,11	51,34	60,0	58,00
Kalk	18,66	18,28	—	—
Magnesia . .	15,72	15,69	27,5	29,66
Eisenoxydul .	7,55	8,23	10	10,14
Manganoxydul	—			1,00
Thonerde . .	6,68	4,39		1,33
Wasser . . .	—	2,11	0,5	—
	98,72	100,04	98,0	100,13

Vergleichen wir die Zusammensetzung der beiden Bronzite mit der des Specksteins, einer Verbindung aus gleichen Atomen Kieselsäure und Magnesia, und reduciren wir diese Zusammensetzung auf die Kieselsäure-Quantitäten jener Bronzite (*a* u. *b*), fügen wir ferner die Analyse eines Specksteins aus *Schottland* von Lychnell ***) (*c*) hinzu:

*) Beiträge Bd. V. S. 32. Dieser Bronzit findet sich in grofsen Massen in einem Serpentinlager.

**) Journ. f. pract. Chemie. Bd. XXXVI. S. 303.

***) Poggend. Annal. Bd. XXXVIII. S. 149.

	a	b	c
Kieselsäure . . .	60,00	58,00	64,53
Magnesia	26,85	26,00	27,70
Eisenoxydul . . .			6,85
			99,08

so finden wir eine so nahe Uebereinstimmung mit den obigen Bronziten, dafs dieselben für stark eisenhaltige Specksteine gehalten werden können.

Frühere Analysen des Specksteins geben oft beträchtlich viel Wasser an, und Delesse hält es für wesentlich (Bd. I. S. 777). Lychnell fand gewöhnlich 0,5, höchstens 1 Proc. Wasser; er ist aber der Meinung, dafs ein Theil der Basis als Hydrat vorhanden sei. Da in den, in der obigen Zusammenstellung angeführten Analysen zweier Bronzite die Magnesia im Ueberschusse vorhanden ist, so scheint der von Klaproth gefundene Wassergehalt für diese Ansicht zu sprechen. Auch Regnault's Analysen zweier Bronzite ohne Kalkgehalt, deren Mischung sich sehr dem Bronzit von *Ujardlersoat* nähert, weisen 1,8 und 2,4 Proc. Wasser nach.

Die Thonerde mufs bei der Umwandlung des thonerdehaltigen Augits in Speckstein ausgeschieden werden, da Lychnell keine in diesem fand, und diese Erde auch, wenn Spuren davon vorkommen, wie in einigen früheren Analysen, gewifs nur zufällig ist.

Die Farbe des Diallags von der *Baste* variirt vom Lauchgrünen durch das Braune bis zum Grauen; gewöhnlich zeigen sich mehrere Farbentinten an demselben Stücke. Seine innere Structur ist nach einer Richtung ganz ausgezeichnet blättrig; nach einer andern, welche jene unter einem rechten Winkel schneidet, ist das Fossil nur wenig spaltbar.. In diesen beiden Richtungen ist auch der Glanz sehr verschieden. Jene besitzt einen lebhaften Perlmutterglanz, der etwas metallisch wird; in dieser ist dagegen der Diallag viel tiefer braun gefärbt, ohne allen Glanz oder nur mit schwachem Schimmer. Wo die breitblättrigen Massen des Fossils an den Labrador des Gabbro grenzen, bemerkt man dunkler gefärbte Stellen, die sich gewöhnlich in sehr unbeträchtlicher Breite an der Grenze beider Fossilien hinziehen, und die, wie schon oben (S. 538)

bemerkt worden, aus Hornblende bestehen. Diese Verwachsung des Diallags mit Hornblende findet sich noch viel ausgezeichneter im Gabbro vom Dorfe *La Presa*, zwischen *Bornio* und *Tirano* im *Veltlin* *).

Diese Hornblende besteht nach der Analyse von Kudernatsch **) aus

		Sauerstoffantheile
Kieselsäure	45,31	23,53
Kalk	10,49	2,94
Magnesia, manganhaltig .	14,28	5,52
Eisenoxydul	15,93	3,26
Thonerde	11,88	5,54
	97,89	

Vergleicht man diese Analyse mit der der Diallage, so begreift man wohl, wie diese Hornblende aus einigen Varietäten des Diallags hervorgehen konnte. Nehmen wir indefs die Mischung des krystallisirten Diallags für die normale: so treten dieselben Bedenken gegen eine solche Umwandlung ein, wie wir sie unten (S. 613) bei der Umwandlung des Hypersthen in Hornblende beleuchtet haben. Die Annahme, dafs dieses Fossil aus der Umwandlung des Augits hervorgegangen sei, wird dann wahrscheinlicher.

Der hellgrünlichgraue Diallag aus dem *Salzburgischen* zeigt hinsichtlich der Spaltbarkeit dasselbe; in Beziehung auf Vollkommenheit nähert sie sich der des Glimmers. In der Hauptspaltungsrichtung hat die grünlichgraue Farbe gleichfalls einen Perlmutterglanz, der in den metallischen übergeht. Durch Glühen nimmt das Fossil eine Farbe zwischen silber- und zinnweifs an.

Diese Eigenschaften sprechen sehr dafür, dafs der Diallag kein ursprüngliches, sondern ein umgewandeltes Fossil sei, und die Verschiedenheit in der Färbung und im Glanze auf den verschiedenen Spaltungsrichtungen erinnert an die, von Blum beschriebene Pseudomorphose des Specksteins in For-

*) G. Rose in Poggend. Annal. Bd. XXXIV. S. 17.

**) Ebend. Bd. XXXVIII. S. 587.

men nach Malakolith von *Antwerp*. Jene bedeutende Farbenveränderung durch Glühen ist einer plutonischen Bildung des Diallags, als solchen, gewifs nicht günstig.

Es ist bemerkenswerth, dafs die Bronzite aus dem Olivin des Basalts vom *Stempel* bei *Marburg* und vom *Ultenthale* in *Tyrol*, obgleich sich ihre Zusammensetzung schon sehr dem Specksteine nähert, indem sie nur noch 1,3 bis 2,2 Proc. Kalk enthalten, doch, nach Köhler's Beschreibung, nichts specksteinartiges in ihrem Aeufsern zeigen.

Da sich Augit in Serpentin umwandeln kann, so liegt auch die Möglichkeit einer Umwandlung des Diallags in Serpentin vor. Soll diese Umwandlung erfolgen, so mufs aus dem Diallag ungefähr die Hälfte der Kieselsäure ausgeschieden werden. Keine der bisherigen Analysen des Diallags und Bronzits zeigen indefs eine Verminderung der Kieselsäure an, vielmehr weisen die oben angeführten eine relative Zunahme derselben nach. Selbst der von Regnault analysirte Diallag vom *Ural*, welcher aus dem Serpentin stammt, zeigt die normalmäfsige Menge Kieselsäure (52,6 Proc.) so wie 20,4 Proc. Kalk und 16,4 Proc. Magnesia. Jene Menge Kalk ist die gröfste, welche bis jetzt im Diallag und Bronzit gefunden wurde.

Auf die nahe Verwandtschaft zwischen Gabbro und Serpentin hat schon v. Buch aufmerksam gemacht. Beweise dafür finden sich sehr häufig.

In der Serpentinkuppe *Peterlstein*, in der Nähe von *Leugast* im *Fichtelgebirge*, kommt Bronzit theils in einzelnen Blätchen, theils in Massen von 1—2 Kubikfufs Gröfse eingewachsen vor *). Im Serpentin bei *Taura* im *Erzgebirge* findet er sich an mehreren Orten mit Magneteisen und Quarz. Ein ganz ähnliches Vorkommen scheint auch der sogenannte Sternquarz aus dem *Hartmannsdorfer* Serpentin zu haben. Mitten im Serpentin findet man viele Blöcke und selbst Spuren anstehender Massen eines ganz wie Gabbro aussehenden Gesteins. Auch bei *Langenberg* und *Meinsdorf* kommen beide Gesteine ganz nahe bei einander vor. Der Gabbro (oder

*) Goldfufs und G. Bischof physikal. statist. Beschreibung des Fichtelgebirges. 1817. Th. I. S. 261.

Diorit?) im *Kuhschnappler* Thale ist theils körnig, theils schiefrig und dann bisweilen weich, mild, und von serpentinähnlicher Beschaffenheit. Im *Tirschheimer* Thale begrenzt eine Eisenquarzbreccie und ein eisenschüssiges Quarzgestein den Serpentin *).

Das Zusammenvorkommen von Serpentin, Bronzit und Quarz ist sehr bemerkenswerth, da nach dem Obigen Bronzit nur mit Ausscheidung von Kieselsäure in Serpentin umgewandelt werden kann. Naumann hebt noch hervor **), dafs im Allgmeinen für den *Lobsdorfer* Quarzbrockenfels das Vorhandensein des rothen, wasserfreien Eisenoxyds eben so characteristisch ist, als für den *Tirschheimer* Quarzbrockenfels die Gegenwart des Eisenoxydhydrats. Dieser Unterschied ist defshalb von besonderem Interesse, weil bei *Tirschheim* Serpentin, also ein wasserhaltiges Silicat, in so grofser Mächtigkeit und ununterbrochener Ausdehnung neben dem Brockenfels hinzieht, während bei *Lobsdorf* keine Spur von Serpentin zu finden ist.

Da der Serpentin stets eisenhaltig ist, aber meist weit weniger, als Diallag und Bronzit: so mufs bei der Umwandlung dieser beiden in jenen Eisenoxydul ausgeschieden werden, welches wir auch theils im Magneteisen, theils im eisenschüssigen Quarzgestein wieder finden. Diese Umwandlung besteht also in einer Ausscheidung von Kieselsäure und Eisenoxydul, in einem Austausche des Kalks gegen Magnesia und in einer Aufnahme von Wasser.

Am *Ural* ***) findet sich Diallag im Serpentin an mehreren Stellen, so in grünlichgelben Blättchen unweit *Mostowaja*, und am *Ural*-Durchbruch, wo eine Abänderung mit eingemengtem Bronzit ganz erfüllt ist. Bemerkenswerth ist hier die Begleitung des Serpentins mit Kieselschiefer und dichtem grauen Kalkstein. Am See *Auschkul* erscheint der Diallag nicht selten in zollgrofsen eckigen Stücken und oft in solcher Menge, dafs das ganze Gestein nur ein körniger Diallag zu sein scheint, in anderen Abänderungen in geringerer Menge.

*) Naumann Erläuterungen u. s. w. Heft II. S. 31 ff.

**) S. 43.

***) G. Rose Reise Bd. I. S. 289. Bd. II. S. 164, 170 u. S. 193.

In allen Varietäten des Serpentins ist Magneteisen und auch Chromeisen eingesprengt. In feinen Theilen sind sie auch zuweilen dem Diallag eingemengt, der dadurch stellenweise grau gefärbt erscheint. Von beiden rührt die magnetische Polarität des ganzen Serpentins her. Die Gegenwart des Magneteisens spricht sehr für eine Abstammung aus dem Diallag oder wenigstens aus einem, an Eisen reichen Fossil. Von besonderem Interesse ist eine Serpentinvarietät von grünlichgrauer Farbe, in der die eingemengten Körner, statt des gewöhnlich vorkommenden Diallags, förmlicher Augit von grasgrüner Farbe sind. Dieser Serpentin gleicht sehr der Grundmasse eines Augitporphyrs, worin Uralitkrystalle eingewachsen sind, davon die gröfseren einen Kern von grasgrünem Augit haben, die kleinern dagegen in der Regel nicht. Eine solche Serpentin- oder Chloritschiefer- ähnliche Grundmasse findet sich auch bei zwei andern Augitporphyren. Beide enthalten eingewachsene Uralitkrystalle ohne Augitkern; eine davon stellt aber ein förmliches Conglomerat dar, in welchem eckige Stücke eines solchen Augitporphyrs durch ein Cement verbunden sind, welches ein Gemeng von weifsem Kalkspath mit dichtem Epidot ist, worin ebenfalls noch Uralitkrystalle liegen.

Wenn diese Verhältnisse unzweifelhaft Umwandlungen des Augits in Serpentin nachweisen, vielleicht durch Zwischenstufen von Diallag: so ist das Vorkommen des Kalkspaths von besonderer Bedeutung, da bei dieser Umwandlung Kalk ausgeschieden werden mufs. Auch ein Conglomerat von abgerundeten Stücken von Augitporphyr und einzelnen Augitkrystallen, in einem Bindemittel von weifsem Kalkspath, zeigt durch dessen Gegenwart eine schon begonnene Ausscheidung von Kalk. Dafs dieser wirklich vom Augit herrührt, ergiebt sich aus dem starken Brausen beim Digeriren desselben mit Säuren.

Das von uns *) basaltischer Grünstein benannte Gestein, nahe bei der *Krötenmühle* im *Fichtelgebirge,* ist nach Fr. Hoffmann **), eigentlich ein Gabbro: eine Masse, in welcher beständig deutliche Diallagblätter vorkommen, und die nicht sel-

*) Goldfufs und G. Bischof a. a. O. Th. II. S. 213.
**) Poggend. Annal. Bd. XVI. S. 554.

ten in ein, vollkommen dem gemeinen Serpentin ähnliches Gestein übergeht. Auch dieses Gestein ist stark magnetisch, in Folge seines Gehaltes an Magneteisen. Dafs manche Bronzite ausgeschiedenes Magneteisen enthalten mögen, zeigt die von mir beobachtete Anziehung der Magnetnadel *).

Mit Serpentin gemengter Gabbro findet sich auch sehr ausgezeichnet bei *Florenz* und *Briançon*.

Im *Rheinischen* Schiefergebirge finden sich an mehreren Stellen Massen krystallinischer Gesteine, von denen nicht mit Bestimmtheit entschieden werden kann, ob sie Gabbro oder Hypersthenfels seien. Nöggerath **) beschreibt eine solche Masse, welche unterhalb der Festung *Ehrenbreitstein* von einem Steinbruche durchschnitten worden ist. Sie bildet in der Grauwacke einen Gang, welcher in seinem Streichen ziemlich senkrecht gegen das Streichen der Grauwacke steht, aber nur mit 30 Grad gegen Osten in den Steinbruch hineinfällt und an dessen innern Arbeitsstöfsen in der Sohle verschwindet. Der Gang hat eine Mächtigkeit von mindestens 40 Fufs. Die Schichten der Grauwacke stehen fast oder ganz senkrecht. Eine Veränderung im angrenzenden Thonschiefer ist nicht erkennbar; nur dafs er sehr gelblich gefärbt ist durch Eisenocher. Obgleich das schmutzig lichtgrüne Ganggestein gröfstentheils dicht ist, so lassen doch die mineralogischen Kennzeichen auf Labrador und Diallag schliefsen; es ist daher für Gabbro zu halten. Es enthält viel Magneteisenkörner und selten kleine tombackbraune Glimmerblättchen. Gröfstentheils ist es sehr zersetzt, an manchen Stellen aber auch ganz frisch. In kleinen Drusenräumen kommt etwas krystallisirter Quarz und Spatheisenstein vor.

Als ich vor einigen Jahren in diesen Steinbruch trat, wurde ich sogleich auf das Agens hingewiesen, welches die Zersetzung des Gabbro bewirkt hat: zwei schwache Quellen, die aus dem Gange kommen, fliefsen nämlich dem Eintretenden entgegen. Eine Quellenader sickert etwa 30 Fufs an den entblösten Wänden herab. Der Gabbro braust mehr oder weniger mit Säuren: an den äufsern Flächen und wo er gänz-

*) A. a. O. Bd. I. S. 193.

**) Karsten's und v. Dechen's Archiv. Bd. XVI. S. 358.

lich zersetzt ist, am stärksten, im Innern, wo die Zersetzung weniger fortgeschritten ist, viel weniger, und meist nur an parallel laufenden, gelblichweifsen oder ochergelben oder ocherbraunen Kalkspath-Adern, welche das Gestein durchsetzen. Diese Adern sind meist sehr dünn, manchmal nur von der Dicke starken Papiers. Der Gabbro läfst sich sehr leicht in dünne Platten bis zur Dicke von $\frac{1}{4}$ Zoll spalten, und die Spaltungsflächen sind feucht. Diese Spaltbarkeit ist den Gangwänden parallel; aber auch nach einer andern Richtung, welche jene schief schneidet, ist das Gestein, jedoch nicht in dünnen Platten spaltbar. Es lassen sich auf diese Weise rhomboëdrische Stücke herausschlagen. Hier und da ist das Gestein fast durch und durch mit Eisenocher durchzogen. Wo es am meisten verwittert ist, hat es seine grünliche Farbe gänzlich verloren und ist schmutzig ocherfarben geworden. Im Steinbruche sind sehr hohe Thonschieferwände entblöst, deren Gestein sehr dicht ist.

Diejenigen, welche die falsche Vorstellung haben, dafs der kohlensaure Kalk, womit ein solches Gestein durchdrungen ist, ein Absatz aus eindringenden Gewässern sei, haben hier Gelegenheit, sie zu berichtigen; denn da der Thonschieferrücken, in welchem der Gang sich findet, nicht mit einem Kalklager bedeckt ist: so wüfste man nicht, woher anders die Gewässer ihren Kalkgehalt genommen haben sollten, als aus dem Gabbro. Diefs schliefst aber keineswegs die Vorstellung aus, dafs die Gewässer in den obern Theilen des Ganges durch Zersetzung der augitischen Masse Magnesia als Carbonat aufgenommen und in den untern gegen Kalk ausgetauscht haben können, wodurch der Augit in Diallag umgewandelt worden wäre. Es ist nicht zu zweifeln, dafs die Gewässer nach einer langen Reihe von Jahren allen Kalk extrahiren und fortführen werden, und dafs endlich die ganze Gangmasse in eine specksteinartige Substanz umgewandelt werden wird.

B. Hypersthen.

Als wesentlicher Gemengtheil des Hypersthenfels oder Hyperits (*Paulsinsel* und Küste von Labrador, unfern des

Dorfes *la Presa* im *Mailändischen*, am *Harz* und an mehreren anderen Puncten) ist er von geologischer Bedeutung; ferner kommt er vor im Grünstein (*Ronsberg* und *Rothenberg* in *Böhmen* u. s. w.) und in körnigem Kalk (*Warwick* in *New-York*). Im Hyperit scheint der Hypersthen stets im Gemenge mit Labrador zu sein.

So wie die Structur und die 4 Spaltungsflächen des Hypersthens und des Bronzits mit einander übereinstimmen, so ist es auch im Allgemeinen mit ihrer Zusammensetzung. Die Hypersthene reihen sich also gleichfalls den thonerdehaltigen Augiten an, sie unterscheiden sich aber von diesen durch die sehr hervortretende Magnesia, welche bis auf 26 Proc. steigt, und durch die sehr zurückgedrängte Kalkerde, welche in einer Abänderung von der *Baffins-Bay* ganz fehlt. Unter den Analysen verschiedener Hypersthene von Klaproth *), Muir **) und Damour ***) führen wir blofs die letztere, die des ausgezeichneten Hypersthens von der *Paulsinsel* an.

		Sauerstoffmengen
Kieselsäure . .	51,36	$\frac{26,68}{2} = 13,34$
Kalk	3,09	0,88
Magnesia . . .	21,31	8,48
Eisenoxydul . . .	21,27	4,72
Manganoxydul . .	1,32	0,29
Thonerde . . .	0,37	0,17
	98,72	14,54

Diese Sauerstoffmengen nähern sich zwar denen der thonerdefreien Augite; allein die der Basen zeigen gegen den Sauerstoff der Kieselsäure einen Ueberschufs von 1,2 Proc. Sollten die Hypersthene umgeänderte Augite sein, (und der meist gefundene Wassergehalt (0,5 bis 1 Proc.) spricht für eine Umwandlung): so mufs der vorliegende bei seiner Umänderung verhältnifsmäfsig mehr von seiner Kieselsäure, als

*) Beiträge. Bd. V. S. 37.

**) Tomson Outl. of min. I. 202.

***) Annal. des Mines IV. Sér. V. 157.

von seinen Basen verloren haben. Eine Zusammensetzung nach bestimmten Mischungsverhältnissen ist bei einem Zersetzungsproducte, dem eine ausgebildete Krystallform mangelt, überhaupt nicht zu erwarten.

Oben (S. 538 u. 545) wurde der Umwandlung des Hypersthens von *Penig* in Hornblende gedacht. Wenn dieser Hypersthen in seiner Zusammensetzung nicht gänzlich von den übrigen abweicht: so ist diese Umwandlung nicht wohl zu begreifen; denn es giebt keine Hornblende, in welcher die Kalkerde gegen die Magnesia so sehr zurücktritt, als in den bis jetzt analysirten Hypersthenen. Man müfste annehmen, dafs bei dieser Umwandlung Kalkerde aufgenommen wurde. Ein solcher Vorgang würde aber allen bis jetzt beobachteten Zersetzungsprocessen kalkhaltiger Fossilien entgegenstehen; denn stets tritt hierbei Kalk aus der Mischung, nie in dieselbe. Weit wahrscheinlicher ist daher die Annahme, dafs die Hornblende aus dem Augit, nicht aber aus dem Hypersthen hervorgegangen sei. Dann würden Hornblende und Hypersthen Zersetzungsproducte des Augits sein, indem ein Theil desselben eine geringere Menge, ein anderer eine gröfsere Menge Kalkerde verloren hätte, und dagegen entsprechende Quantitäten Magnesia aufgenommen worden wären. Jener würde in Hornblende, dieser in Hypersthen umgewandelt worden sein. Diese Verhältnisse sprechen indirect für eine Umwandlung des Augits in Hypersthen.

G. Rose *) führt einen Hyperit am Durchbruche des *Uralflusses* bei *Orsk* an, der etwas kohlensauren Kalk eingemengt enthält. Bemerkenswerth ist, dafs er ein 4 bis 5 Fufs mächtiges Jaspislager bedeckt, und dieses auf Thonschiefer liegt. Sollte bei der Metamorphose des Hyperits Kieselsäure ausgeschieden worden sein, welche seine Unterlage in Jaspis umgewandelt hätte? —

Nach Girard **) liegt in der Gegend von *Rübeland* auf dem Hyperit Dachschiefer, zwar mit südlichem Fallen, d. h. gegen jenen gerichtet; aber man wird dennoch sagen müssen, dafs der Dachschiefer das Hangende vom Hyperit

*) Reise Bd. II. S. 191.

**) n. Jahrb. 1848. S. 262.

bildet. An einer Stelle tritt letzterer durch den Kalk. Beide schneiden so bestimmt gegen einander ab, dafs nur eine Linie die Grenze anzeigt. Girard bemerkt, dafs er nie eine so scharfe Grenze zwischen einem plutonischen und einem neptunischen Gesteine (denn beim Verwittern des Kalksteins tritt die Structur der Korallen hervor, aus denen er zum gröfsten Theile besteht) gesehen habe. Der Hyperit ist ganz dicht, fest und unverwittert, der Kalkstein feinkörnig und etwas zerreiblich. Könnte sich eine so scharfe Grenze zeigen, wenn das Gemeng aus Hypersthen und Labrador als feuerflüssige Masse durch eine Spalte im Kalk aufgestiegen wäre? —

Unterhalb *Boppard* findet sich im bläulich grauen Thonschiefer ein Gestein, welches, nach Nöggerath *), im Streichen des Gebirges aufzusetzen scheint. Er ist zweifelhaft, ob es Diorit oder Gabbro sei. Uns scheint die Wahl nur zwischen Gabbro und Hyperit zu bleiben. Das Gestein ist vielfach unregelmäfsig zerklüftet und die Kluftflächen sind meist mit grünem Talk überzogen. Es ist auch mit zahlreichen Adern von Quarz und Kalkspath nach allen Richtungen durchzogen. Die Quarzadern sind bis etwa 6 Linien dick, der Kalkspath erreicht aber eine Mächtigkeit von 6 Zoll. An der einen Seite dieser Kalkspathader fand ich eine 3 bis 4 Zoll weite Kluft, welche wahrscheinlich durch ein späteres Herabrutschen des Gesteins entstanden war. Sie bildet den Rest einer mächtigen Parthie, die sich gröfstentheils losgerissen hat und in das Bachbette gestürzt ist. Die Quarzadern enthalten häufig eingesprengten Kupferkies.

Nach Nöggerath zeigt der Thonschiefer in der Nähe des Contacts mit dem genannten Gestein wesentliche Veränderungen, welche sich sowohl im Hangenden als im Liegenden 4 bis 5 Fufs weit verfolgen lassen sollen. Er ist hier lichtgrünlichgrau, die ebenen Schieferungsflächen sind verschwunden und er hat an Festigkeit gewonnen. Die Spaltungsflächen zeigen kleinknotige Erhabenheiten und Vertiefungen, welche dunkler oder heller gefärbt sind, und durch Anhäufungen von Feldstein und Hornblende entstanden zu sein scheinen. Diese Knötchen sind im Thonschiefer um so

*) Karsten's Archiv Bd. IX. S. 578.

frequenter, je näher die Stücke dem Gesteine gelegen haben; die Gröfse der Knötchen nimmt aber mit der Annäherung zu demselben ab.

Verschiedene von dem krystallinischen Gesteine abgeschlagene Stücke wurden mit Säuren geprüft. Wo das Gestein frisch, wenn auch hier und da mit kleinen ocherbraunen Stellen überzogen war, brauste es nicht; wo es sich aber verändert zeigte, wo ein weifser oder ocherbrauner Ueberzug es bedeckte, da brauste es; jedoch manchmal nur an wenigen Stellen. In einer von Quarzschichten durchsetzten Stufe zeigte sich das stärkste Brausen an der Grenze des Quarzes. Auch einzelne Puncte im Quarze selbst brausten. Das Gestein in der Nähe dieser Quarzschichten läfst gleichfalls ein sehr starkes Brausen wahrnehmen; denn hier ist die Zersetzung am weitesten fortgeschritten. Die Gewässer, aus denen die Kieselsäure sich abgesetzt hat, scheinen gleichzeitig die Zersetzung des Gesteins begünstigt und den Kalk des Labradors in Carbonat umgewandelt zu haben. Eine Stufe von der Grenze des krystallinischen Gesteins hatte Spiegelflächen, welche nicht im mindesten brausten, obgleich sie viele ocherbraune Flecken hatten. Aber gleich unter denselben, an den abgeschlagenen Kanten, brauste es an vielen Stellen. Die Glätte der Oberfläche scheint das Eindringen der Gewässer und somit die Verwitterung verhindert zu haben.

Brauneisenstein mit Kalkspath, zum Theil in Drusen krystallisirt, und Quarz mit Spuren von Kupfer- und Eisenkies bilden einen kleinen Gang im gröfseren Gange des krystallinischen Gesteins, und stellen ein Conglomerat aller Zersetzungsproducte desselben dar.

Auch mehrere Stufen Thonschiefer aus den Umgebungen des krystallinischen Gesteins wurden mit Säuren geprüft. Ein unveränderter brauste an einigen Stellen etwas; an einer Stelle war eine enge Spalte mit Kalkspath erfüllt. Mehrere veränderte Thonschiefer brausten nicht; nur eine 1½ Zoll lange und 1 Linie breite, mit Brauneisenstein und einigen mikroskopischen Kupferkieskrystallen erfüllte Kluft einer Stufe aus dem Liegenden zeigte ein geringes Brausen. Wahrscheinlich ist die Ausfüllungsmasse dieser Kluft und damit der kohlensaure Kalk aus dem krystallinischen Gesteine durch Gewässer

herabgeführt worden. Einige Quarzparthien in kleinen Drusen des Thonschiefers mögen wohl denselben Ursprung haben. Ein veränderter Thonschiefer aus dem Hangenden des Gangs zeigte kein Brausen. Eine Stufe mit ocherbraunem Ueberzuge und ocherbraunen Flecken im Innern, deren Spaltungsflächen mit Brauneisenstein bedeckt, und deren Haarspalten damit erfüllt waren, brauste sehr stark sowohl aussen als innen. Es ist kaum zu bezweifeln, dafs dieser Brauneisenstein, und dieser kohlensaure Kalk von Gewässern aus dem krystallinischen Gesteine in den Thonschiefer geführt worden sind.

Einige Hyperite von der *Ruhr*, welche v. Dechen *) beschrieben und mir gütigst mitgetheilt hat, habe ich mit Säuren geprüft. Stufen vom zweiten Hyperitlager zwischen *Wiemeringhausen* und *Niedersfeld* **) brausten nicht im mindesten; sie waren aber auch sehr frisch. Stufen vom vierten Hyperitlager, oberhalb *Niedersfeld* ***), welche schon etwas verändert aussahen, brausten sehr stark. Ein weifser Ueberzug schien ganz aus kohlensaurem Kalke zu bestehen; denn er wurde von der Säure aufgelöst. Ein Thonschiefer vom Hangenden dieses Hyperitlagers brauste nicht; nur an einer einzigen Stelle stiegen einige Bläschen auf.

Unterhalb *Schweppenhausen* auf dem *Hundsrück* ragen auf der Höhe des linken Gebirgsabhanges einzelne Felsen eines Gesteins hervor, welches gleichfalls Hyperit zu sein scheint. Zwischen den Absonderungen zeigen sich Uebergänge in Eisenoxydhydrat und die Klüfte sind mit Kalkspath erfüllt. Das Eisenoxydhydrat zieht sich, wo die Zersetzung am meisten fortgeschritten ist, und ebenso der Kalkspath in das Innere hinein. Einen eigentlichen Kalkspathgang, wie zu *Boppard*, habe ich nicht gefunden; der einbrechende Abend gestattete indefs keine weitere Untersuchung.

*) Archiv von Karsten und v. Dechen. Bd. XIX.

**) S. 488.

***) S. 489.

Kap. VI.

Augitische Gebirgsarten.

Die verschiedenartigen Zersetzungen des Augits setzen uns in den Stand, die Veränderungen zu beurtheilen, welche augitische Gesteine erleiden. Wir stellen zunächst dasjenige zusammen, was uns in den Beschreibungen der Augitporphyre als bemerkenswerth aufgefallen ist, und verknüpfen damit unsere eigenen Beobachtungen an den Melaphyren.

Im Augitporphyr von *Kuschwinsk* *) finden sich die Augitkrystalle mit Hüllen von Uralit umgeben, und manchmal bestehen sie ganz aus demselben. Der feldspathige Gemengtheil (wahrscheinlich Labrador) ist auf der Oberfläche des Gesteins in Kaolin umgewandelt, und auch die Hauptmasse hat eine erdige Beschaffenheit angenommen. Beide werden von den Tagewassern leicht fortgewaschen, und die Augit- und Uralitkrystalle ragen mehr oder weniger scharfkantig aus der Oberfläche des Gesteins hervor. Es zeigen sich also hier zwei Umwandlungsprocesse: die Umwandlung des Augits in Uralit und des Labradors in Kaolin, welche wahrscheinlich gleichzeitig statt gefunden haben. Die Oberfläche der Augitporphyre wird überhaupt durch die Atmosphärilien ziemlich stark angegriffen: die Grundmasse verwittert, verliert Farbe und Zusammenhalt und wird von den Gewässern fortgeführt, wodurch die viel weniger zerstörbaren Augit- oder Uralitkrystalle an der Oberfläche hervortreten und ihr ein rauhes

*) G. Rose Reise nach dem Ural u. s. w. Bd. I. S. 344.

Ansehen verleihen. Manchmal sind die Augitporphyre blasig und enthalten in ihrer Grundmasse eine Menge kleiner, mit Kalkspath oder Chalcedon ausgefüllter Blasenräume. Zuweilen erscheinen sie auch als förmliche Conglomerate, wie auf der Ostseite des See's *Auschkul*, wo abgerundete Stücke von Augitporphyr oder einzelne Augitkrystalle durch ein Bindemittel von weifsem Kalkspath und von einem rothen, schon etwas zersetzen Fossil (Zeolith?) verbunden sind *).

Als unwesentliche Gemengtheile des Augitporphyrs sind noch anzuführen Eisenkies und Magneteisen. Dieser ist ohne Zweifel ein Zersetzungsproduct und jener unter Mitwirkung schwefelsaurer Salze und organischer Substanzen entstanden.

Noch ist zu bemerken, dafs, nach Girard's Versuchen, in sechs verschiedenen Augitporphyren die Menge des Wassers zwischen 0,3 bis 2,25 Proc. schwankte.

Sehr verbreitet sind die Melaphyre in *Rheinbaiern*. Schon diesseits der *Nahe* bei *Münster* am *Stein*, auf preufsischem Gebiete, beginnen sie. Die Zersetzungsverhältnisse mehrerer dieser Melaphyre habe ich zu untersuchen Gelegenheit gehabt. Von *Münster* am *Stein* aufwärts, auf der linken Seite der *Nahe*, gleich oberhalb des aus Feldsteinporphyr bestehenden *rothen Steins* begegnet man anstehenden Melaphyren. Einzelne Brocken sind ganz mit kohlensaurem Kalk überzogen. So weit, als ich die Stücke aus dem Innern des Gesteins herausschlagen konnte, brausten sie mit Säuren; jedoch nur an einzelnen Stellen. Auf den Absonderungsflächen hingegen brauste die ganze Oberfläche. Der Contact zwischen dem Melaphyr und dem Schieferthon ist an manchen Stellen deutlich wahrzunehmen. Eine Veränderung an letzterem,

*) Ebend. Bd II. 167 u. 578. Die Stücke von Augitporphyr haben eine schwärzliche, graue oder röthlichbraune Grundmasse und enthalten kleine Augitkrystalle von grasgrüner Farbe eingewachsen. Digerirt man diese Stücke mit Säuren, so brausen sie stark, bekommen ein poröses Ansehen, behalten aber noch ihren Zusammenhalt, weil die Masse des Kalkspaths und des Bindemittels überhaupt nur gering ist. An manchen Stellen findet sich das rothe Fossil in gröfserer, an anderen in geringerer Menge; im ersteren Falle erhält das ganze Gestein ein braunrothes Ansehen.

etwa ein gefritteter Zustand ist durchaus nicht bemerkbar. Nicht nur an diesen Contactflächen, sondern auch weit davon entfernt brauste der Schieferthon gleichfalls, und nicht bloſs auf den Schieferungsflächen, sondern auch in der Mitte des Gesteins. An einigen Stellen ziehen sich auch Quarzadern durch den Melaphyr. An einer andern Stelle ist er an der Berührung mit Schieferthon so vollständig zersetzt und so ocherfarbig, daſs man kein Brausen mehr wahrnimmt. Auch der Schieferthon brauste hier nicht. Hier und da finden sich zwischen den Absonderungsflächen groſse Parthien von Kalkspath, und Kalkspathadern kann man mehrere Fuſs lang in mehr oder weniger senkrechter Richtung verfolgen. An feinen Absonderungen bemerkt man, wie bei den Basaltsäulen, Streifen, wo die bläuliche Farbe in eine ocherige übergegangen ist, und zwar an Stellen, wo mit dem Auge kein Zwischenraum wahrzunehmen ist: zum Beweise, wie die Wasser durch die engsten Oeffnungen dringen.

Im *Alsenzthale* oberhalb *Alt-Bamberg*, dicht an der Straſse in einem Steinbruche, ist der Melaphyr in hohem Grade verwittert. Er bildet Kugeln, von denen sich concentrische Schalen ablösen lassen. Diese Verwitterung in Kugeln zeigt sich auch sehr deutlich auf der Höhe von *Niederkirchen*. Die weniger verwitterten Gesteine, in denen man noch die Gemengtheile unterscheiden kann, brausten sehr stark; die mehr verwitterten, fast erdig und ocherfarben gewordenen aber nicht, oder doch nur da, wo sie weniger verwittert waren. Unstreitig ist aus den ganz verwitterten aller durch Zersetzung entstandene kohlensaure Kalk durch die Gewässer fortgeführt worden. Bei *Niedermoschel* und oberhalb *Mannweiler* finden sich sehr dichte und harte Melaphyre, dem Anscheine nach ganz unverändert. Säuren entwickelten aber doch unzählige Bläschen aus ihnen, und die äuſsere Rinde brauste noch mehr.

Unterhalb *Rockershausen* im *Alsenzthale*, unmittelbar an der Straſse, findet sich im Schieferthon ein 5 Fuſs mächtiger Melaphyrgang. Die Gangmasse brauste sehr stark, und Kalkspathadern durchziehen ihn. An einigen Stellen ist sie aber nicht verwittert, und hier brauste sie auch nicht. Das Nebengestein ist weit hin zu beiden Seiten meist sehr verwittert.

Auf den Goldgruben bei *Seelen*, unweit *Niederkirchen*, findet sich im Melaphyr ein mächtiger Gang von kohlensaurem Kalk, der von einem Gebirgsrücken bis zum entgegenstehenden fortstreicht. Feine Kalkspathadern ziehen sich aus dem Nebengestein in den Gang. Sie sind wahrscheinlich die Canäle, durch welche die Gewässer die, von dem überaus zersetzten Melaphyr herrührende, kohlensaure Kalkerde in den Gang geführt und darin abgesetzt haben. Eine thonige Masse mit Kalkspathbrocken bildet ein deutliches Sahlband.

Man findet hier auch Schieferthone, welche so mit kohlensaurem Kalke durchdrungen sind, dafs sie überall mit Säuren brausen. In andern sind es blofs feine Risse, welche brausen. Wieder andere, nicht von Rissen durchzogene Schieferthone brausen gar nicht. Der kohlensaure Kalk ist also von aufsen eingedrungen und ohne Zweifel ist er von Gewässern aus dem Melaphyr in den Schieferthon geführt worden.

Auf dem *Sattelberge*, in verlassenen Kalkstein-Brüchen, am Abhange des Waldes, ist der Melaphyr in eine erdige Masse umgewandelt, welche von unzähligen, mehr oder weniger senkrechten, rothen Adern von einigen Zollen Mächtigkeit bis zu Papierdicke durchzogen ist. Das Gestein in diesen Adern ist roth und braust stark mit Säuren; es ist ein stark eisenhaltiger kohlensaurer Kalk. Auch das Nebengestein zeigt ein starkes Brausen.

Dafs der kohlensaure Kalk in Melaphyren ein Zersetzungsproduct von Kalksilicaten ist, kann man in dieser Gegend sehr deutlich wahrnehmen. Man findet nämlich ganz verwitterte und ganz frische Melaphyre, wovon jene, wie diese nicht brausen. Aus jenen ist schon aller kohlensaurer Kalk durch Gewässer ausgeschieden worden; in diesen hat die Verwitterung noch nicht begonnen.

Am Abhange des *Donnersberges*, unterhalb *Dannenfels*, in einem jetzt verlassenen Steinbruche, kann man alle Grade der Zersetzung wahrnehmen. Die ursprüngliche Farbe des Melaphyrs ist etwas heller, als die des Basalts. Er braust durchgängig; es sind aber nur einzelne, jedoch an manchen Stellen ziemlich häufig hervorkommende Gasbläschen. Dieser Melaphyr ist häufig von Quarzadern, oft so fein wie Bleistift-

striche, durchzogen. Zwischen diesen Adern und dem Melaphyr bemerkt man mit Säuren fast überall Brausen. Dasselbe zeigt sich, wenn die Adern aus Jaspis gebildet sind. Einzelne derselben bestehen an einer Stelle aus farblosem Quarz, an einer andern aus Jaspis.

Die ursprünglich blaue Farbe des Melaphyrs geht in ein helles Grün über, und diese grüne Varietät braust nicht; es sei denn, dafs Jaspisadern sie durchziehen. Dafs das erste Stadium der Zersetzung die grüne Farbe hervorruft und dafs diese Farbe auf die blaue folgt, geht daraus hervor, dafs dieselben Stufen, welche auf den äufsern Flächen grün sind, im Innern noch blau erscheinen, und dafs die grüne Färbung sich auf Absonderungsklüften in das Innere zieht. Es ist kaum zu bezweifeln, dafs diese grüne Färbung eine Folge der theilweisen Ausscheidung der Kalkerde und wahrscheinlich auch des Eisenoxyduls ist. Sie erinnert lebhaft an Grünerde und an die oben (S. 563 ff.) bemerkte Begleitung derselben von kohlensaurem Kalk.

Schreitet die Zersetzung weiter fort, so erscheinen ochergelbe Parthien, welche manchmal so innig mit grünen gemengt sind, dafs das Gestein eine gelblichgrüne Farbe annimmt. Endlich wird die grüne Farbe ganz verdrängt und die ochergelbe oder ocherbraune tritt an die Stelle, besonders an den Absonderungsflächen. Alle diese Modificationen brausen nicht mehr mit Säuren. Der ocherbraun gewordene Melaphyr ist sehr mürbe und zerfällt sehr leicht unter dem Hammer.

Der oben genannte Jaspis erfüllt stets kleine Spalten, seltener Drusenräume im Melaphyr. Seine spätere Bildung auf nassem Wege ist daher nicht im mindesten zu bezweifeln. Er scheint vorzugsweise in den tiefer gelegenen Stellen des Melaphyrs vorzukommen, und daher mehr ein Absatz aus den von oben herabkommenden Gewässern, als eine Ausscheidung aus dem Gesteine, worin er sich findet, zu sein. Zwischen dem Jaspis und Melaphyr, es mag jener in Adern oder in Drusen vorkommen, bewirken Säuren stets Brausen. Manchmal bemerkt man mikroskopisch kleine Punkte im Jaspis selbst, aus welchen beim Uebergiefsen mit Säuren Gasbläschen wie Perlenschnüre aufsteigen. Kalkspathadern erfüllen

auch manchmal in derselben Mächtigkeit, wie der Jaspis, die kleinen Spalten.

Aus diesen Untersuchungen ergiebt sich, dafs die Gewässer auf die kleinen Spaltenwände zuerst Kalkcarbonat, aber meist in geringer, nur aus dem Brausen mit Säuren erkennbarer Menge abgesetzt haben. Hierauf folgten die weit bedeutenderen kieseligen Absätze theils als Jaspis, theils als farbloser Quarz. In Drusenräumen bildeten sich Bergkrystalle, die manchmal röthlich oder ochergelb gefärbt sind, oder so gefärbte Anflüge haben. Nie findet man jene Bildungen in umgekehrter Ordnung, d. h. nie an den kleinen Spaltenwänden zuerst Quarz und in der Mitte Kalkspath. Spalten oder Drusenräume, blofs mit Kalkspath erfüllt, scheinen zu den grofsen Seltenheiten zu gehören. Nur einige Fragmente davon fanden sich auf der Halde des Steinbruchs. Die augitische und labradorische Masse dieser Melaphyre scheint daher Kalksilicate in geringeren Mengen zu enthalten, als die der oben angeführten Melaphyre an der *Nahe* und im *Alsenzthale*. Das Brausen bei den *Donnersberger* Melaphyren mit Säuren ist im Allgemeinen viel geringer, als bei diesen, und hört schon nach dem Eintritte der ersten Veränderungen auf.

Der kohlensaure Kalk ist ohne Zweifel ein gleichzeitiges Zersetzungsproduct des Labradors und des Augits. Er wurde zuerst von den Gewässern fortgeführt und in den kleinen Spalten und Drusenräumen des Melaphyrs abgesetzt. Die Kieselsäure, welche die Gewässer später fortgeführt und abgesetzt haben, ist vielleicht nur ein Zersetzungsproduct des Labradors (S. 302); obgleich der Umstand, dafs Jaspis als Metamorphose nach Augit vorkommt *), auch auf eine Bildung aus der Kieselsäure dieses Fossils schliefsen läfst. Je nachdem die Kieselsäure von kohlensaurem Eisenoxydul begleitet wurde oder nicht, bildeten sich gefärbte oder farblose kieselige Bildungen. Auf Bergkrystallen in Drusenräumen findet man Eisenocher, welcher mit Säuren braust, mithin einen spätern Kalkabsatz enthält. Ist das roth Färbende des Jaspis nur Eisenoxyd, so ist zu schliefsen, dafs das Eisenoxydul in

*) Maier in Blum's Pseudomorphosen. S. 59.

den Gewässern während seines Absatzes mit Kieselsäure sich höher oxydirt habe.

Ein Steinbruch an der Strafse von *Marienthal* nach *Dannenfels* liefert einen sehr dichten, dem Basalt sehr ähnlichen Melaphyr, welcher mit Säuren nicht braust.

In drei Steinbrüchen zwischen *Dannenfels* und *Jacobsweiler*, nahe an letzterem Orte, am südöstlichen Abhange des *Donnersberges*, zeigen die Melaphyre im Allgemeinen dieselben Verhältnisse, wie die unterhalb *Dannenfels*. An den entblösten Wänden zweier verlassener Brüche ist das Gestein sehr stark zersetzt und zerbröckelt unter dem Hammer. Dieses verwitterte Gestein braust nicht mit Säuren; nur hier und da zeigt sich, wenn es noch frisch ist, ein schwaches Brausen. Auch hier kommt sehr häufig Jaspis, theils auf Absonderungsflächen, theils in Schnüren vor, welche manchmal unregelmäfsig das Gestein durchziehen. Zwischen dem Jaspis und dem Melaphyr bewirken Säuren sehr selten Brausen. Die Absonderungsflächen der unter der Thalsohle befindlichen Melaphyre sind stets feucht.

Diese Untersuchungen dürften hinreichen, es als allgemeines Gesetz auszusprechen, dafs die Hauptzersetzungsproducte der Melaphyre stets kohlensaurer Kalk, Quarz und Eisenoxydulcarbonat oder Eisenoxydhydrat sind, dafs aber, je nach der Zusammensetzung dieser Gesteine, und je nach verschiedenen Umständen, die Zersetzungsproducte sich modificiren.

Was den Jaspis betrifft, so kommt er häufig in augitischen Labradorgesteinen vor. Wo er am *Ural* in gröfseren Massen auftritt: findet er sich immer in mehr oder weniger grofsen Lagern mit grünen Schiefern, Thonschiefer und Augitporphyr. Ein bedeutendes Lager von Jaspis ist in der Gegend von *Orsk* *), welches auf Augitporphyr ruht, und dessen Hangendes wahrscheinlich dasselbe Gestein bildet. G. Rose hält ihn für einen durch plutonische Einwirkung veränderten Thonschiefer. Wie eine solche Veränderung auf plutonischem Wege erfolgen sollte, dürfte schwer einzusehen sein; denn kein Gestein kann das Gepräge einer neptunischen

*) Reise nach dem Ural. Bd. II. S. 185.

Bildung mehr tragen, als der Jaspis. Die nachstehende Analyse des grünen Jaspis von *Orsk*, nach Avdeëff, zeigt, dafs derselbe keineswegs blofs eine durch Eisenoxyd gefärbte Kieselsäure ist, sondern auch eine bedeutende Menge Thonerde, Kalkerde und selbst etwas Kali enthält.

Kieselsäure	79,51
Thonerde	9,24
Eisenoxydul	3,32
Kalkerde	4,31
Magnesia	0,51
Kali	0,32
Wasser	1,56
	98,77

Nach dieser Zusammensetzung zu urtheilen, dürfte dieser Jaspis ein gleichzeitiges Zersetzungsproduct des Labradors und Augits sein. Vielleicht braust er mit Säuren, wie der oben angeführte, in welchem Falle die Kalkerde nur eingemengt wäre. —

Der oben bemerkte Umstand, dafs basaltblauer Melaphyr bei beginnender Zersetzung hellgrün wird, erscheint sehr bemerkenswerth. Diese Farbenveränderung ist gar nicht selten; ja es scheint, dafs die sämmtlichen Melaphyre, welche in unzähligen Farbenübergängen vom Basaltblauen bis zum Hellgrünen auftreten, ursprünglich jene blaue Farbe hatten und dafs die grünen Nüancen nichts anders als verschiedene Zersetzungsstufen des ursprünglichen Melaphyrs anzeigen.

G. Rose *) spricht von einem gänzlichen Uebergange der Augitporphyre am *Ural* in grüne Schiefer: in Gesteine mit mehr oder weniger deutlichem schiefrigem Gefüge, von verschiedenen trüben, grünlich grauen Farben, die bald lichter, bald dunkler, auch an demselben Stücke, welches man abschlägt, nicht von gleicher Beschaffenheit vorkommen. In dem *Planitzer* Uebergangsgebirge zeigen sich ähnliche **) Uebergänge des Augitporphyrs in grüne Schiefer. Im Thale von *Schönfels* läfst sich eine Reihe verschiedener Grünsteinmas-

*) A. a. O. Bd. II. S. 544. u. 573.

**) Naumann's Erläut. H. II. S. 322 ff.

sen (Augitporphyr, variolit- und mandelsteinartiger Aphanit, Grünstein-Conglomerat, dichter, harter Grünstein und Grünsteinschiefer) verfolgen. In den mandelsteinartigen Grünsteinen treten auch Kalkspathkörner auf. Zwischen *Niederplanitz* und *Cainsdorf* findet sich sogar in mehreren kleinen Kuppen ein grünlich- bis gräulichschwarzes, dichtes, sehr hartes und schwer zersprengbares Gestein, welches in seiner Zerklüftung und Verwitterung ganz an Basalt erinnert, ja, in einem Steinbruche selbst die, durch v. Gutbier bekannt gewordene, säulenförmige Absonderung wahrnehmen läfst, welches an den dortigen Grünsteinen nirgends beobachtet worden ist. Der grüne Mandelstein scheint auch, seiner Entstehung nach, mit dem braunen zusammen zu fallen. Die grüne Grundmasse umschliefst Mandeln von Kalkspath oder Steinmark, die in der Regel von einem dunkelgrünen bis grünlichschwarzen, dem Chlorophäit ähnlichen Fossile eingehüllt sind, welches um die Mandeln sehr regelmäfsige Schalen von faseriger bis dichter Zusammensetzung bildet. Auch werden manche, besonders die kleineren Blasenräume, lediglich von diesem Fossil erfüllt oder ausgekleidet. Weiter unten werden wir auf dieses Fossil wieder zurückkommen.

Auch der Uebergang des Basalts in Wacke, die schmutziggrüne und grünlichgraue bis bläulichgraue Farben zeigt, ist zu solchen Umwandlungen augitischer Labradorgesteine in grünsteinartige zu zählen. Die Wacke enthält bald in kugeligen, bald in plattenförmigen Parthien harte, gräulichschwarze und basaltähnliche Kerne. Auch Augitkrystalle, Glimmerschuppen und selbst Quarzkörner enthält sie. Am *Pählberg* *) bildet die plattenförmig abgesonderte Wacke einen unmittelbaren Uebergang in Basalt.

Rechnet man endlich noch den Gabbro und den Hyperit zu den umgewandelten augitischen Labradorgesteinen: so haben wir eine grofse Reihe von Gesteinen vor uns, deren erste Glieder die frischesten Augitporphyre, Melaphyre oder Basalte sind, welche durch allmälige Umwandlungsprocesse, wie sie im Vorhergehenden bezeichnet worden, übergehen in zahllose Varietäten von Grünstein, Mandelstein, Gabbro, Hy-

*) A. a. O. S. 479.

perit u. s. w. und deren letzte Glieder gänzlich zersetzte eisenhaltige Thonmassen sind.

Wird der Melaphyr völlig zersetzt, so dafs blofs Eisenthon übrig bleibt, so mufs Kieselsäure, Kalkerde, Magnesia und mehr oder weniger Eisenoxyd ausgeschieden werden. Diese Zersetzungsproducte können von den Gewässern so weit fortgeführt werden, dafs sie nicht einmal in benachbarten Gesteinen zum Absatze kommen, oder sie setzen sich in denselben ab, und bringen Veränderungen hervor, die man so gern plutonische Contactwirkungen zu nennen pflegt. Credner glaubt mehrere solche Contactwirkungen im Steinkohlengebirge des *Thüringer Waldes* *), wo dasselbe mit dem Melaphyr in Berührung kam, nachweisen zu können. Der Sandstein ist in eine weifse Quarzfritte mit prismatischer Absonderung umgewandelt; der schiefrige Sandstein erscheint bandartig gestreift; der Schieferthon bildet als eine jaspisartige dichte Masse zartere und stärkere Streifen zwischen der weifsen Quarzfritte. Aufserdem erscheinen zwischen Thonschiefer und Melaphyr Kieselschiefer und Quarz, zwischen Melaphyr und Porphyr und zwischen Grünstein und Epidot-haltigem Melaphyr Hornstein.

So verschieden auch diese Veränderungen sind, so laufen sie doch alle darauf hinaus, dafs in benachbarte Gesteine Kieselsäure eingedrungen ist. Was also in dem mehr oder weniger zersetzten Melaphyr fehlt, finden wir in den benachbarten Gesteinen wieder. Sollten auch mehrere dieser Melaphyre auf ihren Contactflächen gar nicht verändert erscheinen: so würde doch das Brausen mit Säuren die wirklich statt gehabte Veränderung nachweisen, und ist Kalk als Carbonat ausgeschieden worden, so kann auch die an ihn gebunden gewesene Kieselsäure aus der Mischung getreten sein, wenn nicht eine andere Basis (Magnesia oder Kali) seine Stelle eingenommen und neue Mineralien gebildet hat. Uebrigens treten in den, von Credner beschriebenen Melaphyren Kalkspath und Braunspath oft in schwachen Adern, häufiger als Körner und Mandeln auf. Wird der Melaphyr aber mandelsteinartig, so vermindert sich das krystallinische

*) N. Jahrb. für Mineral. u. s. w. 1843. S. 291

Gefüge und die Grundmasse geht in Eisenthon über. Diese Beschreibung zeigt deutlich die Beziehung zwischen dem Auftreten des Kalk- und Braunspaths und der Verwitterung. Kann man hier noch an ein Eindringen dieser Spathe von unten denken, wenn das, was im Eisenthon fehlt, nämlich Kalk und Magnesia, in diesen Spathen, nur nicht in Silicaten, sondern in Carbonaten erscheint?

Von keinen Gebirgsarten besitzen wir mehr Analysen, als von den augitischen. Daher scheint über ihre Zusammensetzung wenig Zweifelhaftes übrig zu bleiben. Nach den bisherigen geognostischen Untersuchungen scheinen gerade diese Gesteine die gröfste Mannichfaltigkeit in ihrer Zusammensetzung darzubieten, so zwar, dafs man oft auf einem Raume von kaum einer Quadratmeile eine unzählige Menge der mannichfaltigsten Varietäten von augitischen Gesteinen, als Resultate eruptiver Thätigkeiten zu erblicken glaubt. Gerade denjenigen Geologen, welche dieser Entstehungsart huldigen, hätte die Frage sehr nahe gelegen, woher es komme, dafs fast eben so viele verschiedene Massen aus den Spalten und Schlünden, welche durch die sedimentären Formationen hindurch nach dem grofsen Heerde geschmolzener Massen führen sollen, hervorgekommen seien, als es solche Kanäle gegeben habe; ja dafs sogar dieselbe Gebirgsmasse, welche einen Berg von mäfsigem Umfange bildet, und die man als das Werk einer einzigen Eruption betrachtet, nicht selten an verschiedenen Stellen die gröfsten Verschiedenheiten zeigt. Wie ist es denkbar, hätte man sich fragen sollen, dafs in einem Heerde von mäfsigem Umfange so sehr verschiedene feuerflüssige Massen neben einander bestehen konnten? — Doch über solche Fragen ging man hinweg. Man dachte auch nicht einmal an die Möglichkeit, dafs sich die an die Erdoberfläche gekommenen eruptiven Massen, welche seit Millionen Jahren den Atmosphärilien Preifs gegeben waren, hätten verändern, dafs die Gewässer Stoffe aus ihnen hätten wegführen und dagegen andere zuführen können; obgleich die Bestandtheile eines jeden Quellwassers das Wegführen, und die Pseudomorphosen im Gesteine das Zuführen von Stoffen zu beweisen im Stande gewesen wären. Wo man die Gesteine nicht verwittert fand, da dachte man an keine Veränderung

auf nassem Wege, als wenn mit dieser auch stets eine Verwitterung verknüpft sein müfste. Wohl liefs man ganze Gebirgszüge braten und glaubte, auf diese Weise die Umwandlung eines sedimentären Gesteins in ein krystallinisches erklären zu können. Die Frage blieb man aber entweder schuldig, ob denn auch jenes alle Bestandtheile enthielte, welche man in diesem fand, oder wenn man sie ventilirte, so kam man auf die unnatürliche Annahme von Sublimationen (Bd. II. S. 220).

So dankenswerth die, den augitischen Gesteinen gewidmeten, analytischen Arbeiten sind, so bieten doch die Resultate derselben nicht immer hinlängliche Anhaltepuncte zur Vergleichung. Die meisten Chemiker, welche sich damit beschäftigt haben, wählten dasjenige Verfahren, welches auf den ersten Blick bei der Zerlegung gemengter Gebirgsarten das zweckmäfsigste zu sein scheint: nämlich dieselben durch Säuren in einen zersetzbaren und nicht zersetzbaren Antheil zu zerlegen. Dieses Verfahren leistet aber durchaus nicht, was es zu leisten verspricht. Wenn, um bei den augitischen Gesteinen stehen zu bleiben, die Säuren den zeolithischen Gemengtheil aufschlössen und den Labrador und Augit ganz unaufgelöst liefsen: so würde die Sonderung der zersetzbaren Gemengtheile von den nicht zersetzbaren von einigem Werthe sein. Aber auch der Labrador wird durch Säuren, obgleich, wie man früher gefunden zu haben glaubte, nicht ganz vollständig zerlegt. Kersten *) fand indefs bei der Analyse von fünf Labradoren, wovon einer aus einem Hornblendegestein, ein anderer aus einem Doleritporphyr abstammte, dafs dieselben im geschlämmten Zustande schon von kalter concentrirter Salzsäure und Schwefelsäure angegriffen, bei mitwirkender Wärme aber vollständig zerlegt werden. Selbst der Augit widersteht den Säuren keineswegs so vollständig, wie man gewöhnlich annimmt. Vor kurzem habe ich aus gepulverten und geschlämmten Augitkrystallen, in denen ich mit der Lupe nichts fremdartiges bemerken konnte, mit Salzsäure einige Stunden lang digerirt, 3 Proc. extrahirt. Beach-

*) Poggend. Annal. Bd. LXIII. S. 123 ff. — Vergl. dagegen Bergemann a. u. a. O. S. 7.

tet man aufserdem die Erfahrungen von Girard *) über das Verhalten der in augitischen Gesteinen gewöhnlich vorkommenden Mineralgattungen, und das oben (S. 589) in Beziehung auf den Olivin Bemerkte: so ist klar, dafs die Salzsäure keineswegs blofs den zeolithischen Antheil aufschliefsen, sondern dafs sie, je nach ihrer Stärke, ihrer Temperatur und je nach der Dauer ihrer Einwirkung, bald mehr, bald weniger auch vom labradorischen und augitischen Antheile auflösen wird **). Könnte hierüber noch ein Zweifel obwalten, so würde das Verhalten der Lava gegen die Säuren ihn verscheuchen. Die Lava wird, wie die übrigen augitischen Gesteine, durch Säuren in einen gelatinirenden und nicht gelatinirenden Antheil zerlegt; dafs aber jener kein Zeolith sein kann, zeigt der fehlende Wassergehalt der Lava. Welches Fossil wird nun aber in der Lava von der Säure zersetzt? — Leop. v. Buch, Elie de Beaumont und G. Rose ***) stimmen darin überein, dafs die Lava vom *Aetna* aus einem Gemenge von Augit und Labrador bestehe. Die Lava vom *Aetna*, welche Löwe †) analysirte, bestand aus einer grauen Grundmasse, worin deutliche Labrador- und Augitkrystalle und kleine Olivinkörner eingewachsen waren. Erstere fanden sich in gröfster Menge, sparsamer der Augit und noch sparsamer der Olivin. Salzsäure zersetzte $\frac{1}{4}$ der ganzen Masse. Wenn man nicht annehmen will, die Grundmasse sei etwas ganz anderes, als die darin enthaltenen Krystalle, sie sei ein pêle-mêle verschiedener Stoffe: so bleibt keine andere Vorstellung übrig, als dafs die Säure den Labrador zersetzt habe. Er mufs gänzlich zersetzt worden sein; denn die Alkalien finden sich nur im gelatinirenden Antheile. Die Säure hat aber auch 27 Proc. Eisenoxydul aufgenommen, welches nicht dem Labrador und auch nicht dem Olivin angehören konnte, da sich in diesem Antheile keine Magnesia fand, mithin vom Augit herrühren mufste. Dafs endlich die Grundmasse nicht ein pêle-mêle sein kann, geht aus der übereinstimmenden Zusammenset-

*) Rammelsberg Handwörterbuch. Abth. I. S. 78.

**) Bergemann a. u. a. O. S. 5.

***) Poggend. Annal. Bd. XXXVII. S. 188. u. Bd. XXXIV. S. 29.

†) Ebend. Bd. XXXVIII. S. 159.

zung dieser Lava und der Augitporphyre hervor, wie wir weiter unten sehen werden. Welchen Zweck und Nutzen kann daher eine Methode der Analyse haben, wodurch nichts weniger als verschiedene Gemengtheile eines krystallinischen Gesteins von einander gesondert, sondern wodurch diese bald ganz, bald theilweise zersetzt werden, und die gelatinirenden Antheile Bestandtheile von verschiedenen Fossilien enthalten?

Der zeolithische Antheil in denjenigen Gesteinen, deren Wassergehalt seine Gegenwart nachweiset, ist unzweifelhaft erst durch theilweise Zersetzung aus dem Labrador hervorgegangen. Er beträgt daher um so mehr, je mehr der Labrador in der Zersetzung fortgeschritten ist. Ursprünglich identisch gewesene Melaphyre können mithin verschiedene Quantitäten zeolithischer Substanzen geben, sofern die einen mehr, die anderen weniger zersetzt worden sind. Durch Anwendung der Säuren lernt man also eigentlich nur den mehr oder weniger fortgeschrittenen Zersetzungszustand des Gesteins kennen.

Die nachstehenden Betrachtungen werden zeigen, welche Schlüsse aus den Resultaten der Analyse augitischen Labradorgesteins zu ziehen sind. Wenn auch, der Natur der Sache nach, viel Unbestimmtes übrig bleibt: so wird dieses doch keineswegs durch die gesonderte Analyse des durch die Säuren zersetzbaren und nicht zersetzbaren Antheils gehoben; sondern man wird dadurch nur noch mehr verwirrt.

Im Labrador, wie im thonerdehaltigen Augit (S. 292 u. 527) verhält sich der Sauerstoff der Kieselsäure zu dem der Basen wie 3 : 2. Die Menge der Kieselsäure fällt in den analysirten Labradoren zwischen 52,3 und 55,75 Proc., in den thonerdehaltigen Augiten zwischen 47,05 und 51,8 Proc. und in den thonerdefreien zwischen 43 und 57,5 Proc., wenn man die von Thomson analysirten Eisen-Mangan-Augite ausschliefst, welche offenbar schon sehr zersetzt waren.

In einem Melaphyr oder in einem Basalt oder in einer Lava, welche blofs Labrador und thonerdehaltigen Augit enthalten, und noch keine Zersetzung erlitten haben, kann daher die Menge der Kieselsäure 55,75 Proc. nicht übersteigen und nicht unter 47,05 Proc. herabsinken. Sie kann sich je-

nem Maximum nur dann nähern, wenn der Labrador sehr vorherrschend ist, und sie kann diesem Minimum nur dann nahe kommen, wenn der Augit sehr vorherrschend ist. Wenn dagegen die Kieselsäure in einem blofs aus Labrador und Augit bestehenden Gesteine jenes Maximum übersteigt; mithin die Menge des Sauerstoffs der Basen unter $\frac{2}{3}$ von dem der Kieselsäure herabkommt: so ist es ein sicheres Zeichen, dafs schon eine theilweise Zersetzung eingetreten ist, und Basen aus der Mischung dieser Fossilien getreten sind, wodurch die Kieselsäure relativ zugenommen hat. Wenn dagegen die Kieselsäure in einem blofs aus Labrador und Augit bestehenden Gesteine unter 47,05 Proc. herabkommt, und mithin die Menge des Sauerstoffs der Basen über $\frac{2}{3}$ von dem der Kieselsäure steigt: so ist eben so gewifs, dafs das Gestein schon mehr oder weniger zersetzt und Kieselsäure fortgeführt worden ist, wodurch die Basen relativ zugenommen haben.

Im thonerdefreien Augit verhält sich der Sauerstoff der Kieselsäure zu dem der Basen wie 2 : 1. (S. 513). In einem aus solchem Augit und Labrador bestehenden Gesteine fällt daher die Menge des Sauerstoffs der Basen zwischen 0,667 und 0,5 vom Sauerstoff der Kieselsäure. Wir nennen diese Zahlen der Kürze wegen die Sauerstoffquotienten. Enthält das Gestein z. B. gleichviel Labrador und thonerdefreien Augit, so ist der Sauerstoffquotient 0,5835. In solchen Gesteinen kann die Menge der Kieselsäure den beiden Extremen 57,5 und 47,05 Proc. nahe kommen, wenn der Augit sehr vorherrschend und noch keine Zersetzung eingetreten ist. Wenn aber die Kieselsäure über 57,5 Proc. steigt, so ist ein Theil der Basen aus der Mischung getreten, und wenn sie unter 47,05 Proc. herab sinkt, so ist von ihr ein Theil fortgeführt worden. Mit der Zunahme der Kieselsäure vermindert sich natürlich der Sauerstoffquotient und nähert sich der Zahl 0,5, und mit ihrer Abnahme vermehrt er sich und nähert sich der Zahl 0,667.

Aus diesen Betrachtungen ergiebt sich, dafs nur dann mit Sicherheit geschlossen werden kann, ob thonerdehaltige oder thonerdefreie Augite vorhanden sind, wenn entweder das Gestein ganz unverändert ist, oder wenn Augite in Krystallen so ausgeschieden sind, dafs sie einer besondern Analyse un-

terworfen werden können; denn mit Wahrscheinlichkeit ist zu schliefsen, dafs die augitische Grundmasse eben so zusammengesetzt ist, wie die porphyrartig in ihr eingewachsenen Augitkrystalle. Da aber diese nur in seltenern Fällen vorkommen, so ist man in der Regel auf das erste Kennzeichen, auf den veränderten oder nicht veränderten Zustand des Gesteins reducirt. Seine Farbe, ob sie sich in das Grünliche oder gar Ocherbraune zieht oder nicht, sein Brausen oder Nichtbrausen, sein gröfserer oder geringerer Wassergehalt, organische Ueberreste in ihm oder nicht u. s. w. entscheiden hierüber.

Aus der Menge des Natron und Kali würde man schliefsen können, ob die Thonerde für den Labrador hinreicht oder im Ueberschusse vorhanden ist, wenn nur diese Menge in verschiedenen Labradoren nicht so aufserordentlich (zwischen 4,27 und 10,57 Proc.) schwankte. Sind daher Labradorkrystalle in den Gesteinen nicht so ausgeschieden, dafs man sie einer besondern Analyse unterwerfen, und aus dem gefundenen relativen Verhältnisse der Thonerde und der Alkalien auf das Verhältnifs dieser beiden Stoffe in der Grundmasse schliefsen kann: so läfst sich aus der Menge der Alkalien im Steingemenge nicht ermitteln, ob die Thonerde blofs im Labrador oder auch im Augit enthalten war. Die Summe der Alkalien und der Kalkerde in den Labradoren schwankt zwischen viel engern Grenzen (zwischen 13,8 und 17,47 Proc.), weil sich diese drei Basen gegenseitig vertreten können. Wäre nicht Kalkerde ein gemeinschaftlicher Bestandtheil des Labradors und des Augits: so liefse sich aus den Sauerstoffantheilen dieser Basen mit gröfserer Sicherheit auf die Menge der Thonerde schliefsen.

Man sieht, welchen Schwierigkeiten die Ermittelung, ob in einem analysirten Gesteine thonerdehaltiger oder thonerdefreier Augit vorkommt, unterworfen ist. Diese Schwierigkeiten werden auch nicht durch die gesonderte Analyse beseitigt; denn sie könnten nur beseitigt werden, wenn die Säuren den labradorischen Gemengtheil vollständig zersetzten und den augitischen vollständig unzersetzt liefsen. Diefs bezweckt man aber nicht einmal durch diese Analyse, und es kann auch nicht erreicht werden. Gleichwohl ist die Unterscheidung, ob der

augitische Gemengtheil Thonerde enthält oder nicht, ein wesentliches Element für die Ermittelung der Gemengtheile in jenen Gesteinen überhaupt.

Erscheint ein augitisches Gestein wenig verändert, steigt nichts desto weniger der Kieselsäuregehalt über das oben für die Augite gefundene Maximum (55,75 und 57,5 Proc.): so ist man berechtigt, auf die Gegenwart einer andern, an Kieselsäure reicheren Feldspathspecies, auf Oligoklas oder Albit, zu schliefsen. Durch die mineralogische Untersuchung der Grundmasse sind diese beiden Feldspathspecies vom Labrador selten zu unterscheiden. Die Behandlung des grobgepülverten Gesteins mit Säuren dürfte manchmal mehr zum Ziele führen, da Oligoklas und Albit davon viel schwieriger angegriffen werden, als Labrador. Im Oligoklas ist weniger Kalk als im Labrador, und im Labrador und im Albit fehlt er meist ganz; Säuren extrahiren daher aus Labrador am meisten, aus Oligoklas weniger und aus Albit gar keinen oder doch nur Spuren von Kalk. Der Sauerstoffquotient im Oligoklas ist 0,444. Der Sauerstoffquotient in einem augitischen Gesteine wird sich daher um so mehr dieser Zahl nähern, je mehr es von dieser Feldspathspecies enthält.

Das wirkliche Vorkommen des Oligoklas in augitischen Gesteinen ist erwiesen. So im Augitporphyr aus der Gegend des Dorfes *Ajatskaja*, nach Francis Analyse *). Aufser Augitkrystallen finden sich auch Uralitkrystalle in diesem Porphyr, obwohl nur sparsam. Ob in der gräulichweifsen Grundmasse Oligoklas oder Labrador oder beide zugleich enthalten sind, würde sich, dem Vorstehenden gemäfs, durch die Bestimmung ihres Kieselsäuregehaltes ermitteln lassen. G. Rose vermuthet, dafs auch die im antiken und im *Harzer* grünen Porphyr eingewachsenen Krystalle, welche denen von *Ajatskaja* so ähnlich sind, Oligoklas seien. Die weiter unten folgende Analyse von Delesse scheint jedoch diese Vermuthung hinsichtlich des antiken Porphyrs nicht zu bestätigen. Dagegen ist durch eine Analyse von Rammelsberg **) nachge-

*) Poggend. Annal. Bd. LII. S. 470. Vergl. Reise nach dem Ural u. s. w. Bd. I. S. 143 und Poggend. Annal. Bd. XXXIV. S. 20.

**) Karsten's u. von Dechen's Archiv u. s. w. Bd. XIX. S. 496.

wiesen, dafs grofse, bisweilen über einen Zoll lange, lichtgrüne Krystalle in einer dunkelgrünen, feinkörnigen Grundmasse eines Porphyrs bei *Gevelinghausen* Oligoklas sind. Nicht für unwahrscheinlich hält es v. Dechen *), dafs die stärkeren, breiteren Krystalle in vielen der von ihm beschriebenen Porphyre, in der Gegend von *Brilon*, Oligoklas, und nur die als schmale Nadeln auf den Bruchflächen erscheinenden Labradore sind.

Selbst in einer Ganglava, welche am *Havnefjord* in *Island* vorkommt, findet sich zum Theil in Drusen krystallisirt, zum Theil die Grundmasse bildend, mit Augitkrystallen und Titaneisen ein Feldspath, der, nach Forchhammers **) Analyse 61,35 Proc. Kieselsäure enthält, und nichts als Oligoklas ist, in welchem der Kalk den gröfsten Theil der starken Basen ausmacht. Der augitische Gemengtheil dieser Ganglava, welcher sehr behutsam mit dem Magnet ausgezogen wurde, enthielt dagegen 50,81 Proc. Kieselsäure. Oligoklas findet sich auch, nach Deville's ***) Analyse, in neuerer Lava (Augitlava?) an den Seiten des *Pic* von *Teneriffa*. In einem Felsit von *Hammond* in *New-York* kommt, nach Plattner's Analyse, Oligoklas (Breithaupt's Loxoklas) mit Augit, Graphit und Kalkspath zusammen vor.

Diese Beispiele, welche sich bei fortgesetzten chemischen Analysen ohne Zweifel noch vermehren werden, zeigen, dafs man mit vieler Wahrscheinlichkeit auf die Gegenwart von Oligoklas schliefsen könne, wenn die chemische Analyse einer augitischen Gebirgsart eine gröfsere Menge Kieselsäure, als 55,75 oder 57,5 Proc. nachweiset, und wenn das Gestein sich wenig verändert zeigt. Dagegen scheint nach allen bisherigen Untersuchungen Albit in diesen Gebirgsarten nicht vorzukommen.

Sinkt in einem augitischen Gesteine die Menge der Kieselsäure unter 47,05 Proc., zeigt es sich gleichwohl wenig oder gar nicht verändert: so ist zu schliefsen, dafs, aufser Labrador und Augit, ein anderes oder mehrere andere Fos-

*) Ebend.

**) Journ. f. pract. Chemie. Bd. XXX. S. 389.

***) Compt. rend. T. XIX. p. 46.

silien vorhanden sind, welche weniger Kieselsäure enthalten, als diese beiden. Unter den Feldspatharten könnte man nur an Anorthit denken, da dieser der einzige unter ihnen ist, der weniger Kieselsäure (44 Proc.) als Labrador enthält, wenn er nur in augitischen Gebirgsarten nicht so äufserst selten vorkäme.

Der in diesen Gesteinen gar nicht selten, und in manchen, wie im Dolerit bei *Löbau* in der *Lausitz*, fast zu gleichen Theilen mit Augit auftretende Nephelin bringt in denselben den Gehalt an Kieselsäure herab, da er nur 43—45 Proc. davon enthält. Eine nur etwas aufmerksame Betrachtung des Gesteins vor der Analyse wird indefs die Gegenwart des Nephelins leicht erkennen lassen *).

Unter den eisenhaltigen Fossilien sind es Granat, Vesuvian, Turmalin und Olivin, welche ärmer an Kieselsäure sind, als Augit. Der Granat findet sich zwar manchmal in Begleitung von Augit. (S. 568 ff.) Am *Kapellenberg* bei *Rothweil* und bei *Endingen* kommt der schwarze sogar in einem feinkörnigen, augitarmen Dolerit vor; allein dieses Vorkommen ist zu vereinzelt, als dafs man seine Gegenwart in der Grundmasse augitischer Gesteine von geringerem Kieselsäuregehalt vermuthen könnte. Dasselbe gilt vom Vesuvian, und völlig fremd ist der Turmalin den augitischen Gebirgsarten.

Mit der gröfsten Wahrscheinlichkeit kann man auf Olivin schliefsen, wenn die Kieselsäure unter die normalmäfsige Menge herabkommt, da dieses Fossil in augitischen Gesteinen und ganz besonders im Basalt so constant auftritt. Seine Gegenwart ist aber so leicht mineralogisch erkennbar, dafs die chemische Analyse nicht erst darüber zu entscheiden braucht.

Die an Kieselsäure ärmeren Glimmerarten können auch den Kieselsäuregehalt in den augitischen Gebirgsarten herabbringen. Dieses Fossil ist jedoch selbst in den kleinsten Blättchen so leicht zu erkennen, dafs der Chemiker wohl nie ein

*) Ein sehr glimmerreiches, schlackiges, augitisches Gestein, welches sich im *Laacher-See* und an dessen Ufer findet, zeigt in seinen Poren und Blasenräumen weifse Ueberzüge, welche, nach Blum's Beobachtung, zersetzte Nepheline sind, dessen Form man unter einer guten Lupe zu erkennen vermag.

augitisches Gestein der Analyse unterwerfen wird, ohne seine Gegenwart oder Abwesenheit vor derselben erkannt zu haben.

Je mehr ein augitisches Gestein Magneteisen enthält, desto mehr sinkt die Kieselsäure unter die normalmäſsige Menge herab, sofern dieses Eisenoxyduloxyd eine ursprüngliche Bildung ist. Sie sinkt selbst dann noch herab, wenn das Magneteisen ein Zersetzungsproduct des Eisenoxydulsilicats im Augit (S. 598), und die damit verbunden gewesene Kieselsäure fortgeführt worden ist. Wenn aber die vom Eisenoxydul abgeschiedene Kieselsäure zurückgeblieben ist, sei es in der Mischung des Fossils oder ausgeschieden als Quarz: so kann die Gegenwart des Magneteisens die relative Menge der Kieselsäure nicht verändern. Nur der letztere Fall kann mit Wahrscheinlichkeit constatirt werden, wenn nämlich neben Quarz Magneteisen ausgeschieden vorkommt. Selbst da, wo das mineralogische Auge das Magneteisen nicht mehr wahrnimmt, kann man es noch durch die Magnetnadel erkennen. Man kennt also die Gesteine, wo möglicher Weise das Magneteisen die relative Menge der Kieselsäure vermindern kann.

Delesse *) fand die Grundmasse aller Melaphyre, welche er zu untersuchen Gelegenheit hatte, magnetisch. Er glaubt, dieſs für eine allgemeine Eigenschaft aller Melaphyre halten zu können. Auch verschiedene Augite, wie der von *Fassa*, sind magnetisch, desgleichen manchmal Augite von noch thätigen Vulkanen: der Sahlit und der Kockolith von *Norwegen*, so wie der Augit von *Belfahy*. Auch der Hypersthen, der Bronzit wirken oft auf die Magnetnadel.

Wenn es gewiſs wahrscheinlich ist, daſs das Magneteisen in diesen Fossilien ein Zersetzungsproduct ist: so würde es von Interesse sein, magnetische Augite zu analysiren, um zu finden, ob in ihnen die Kieselsäure unter die normalmäſsige Menge fällt, oder nicht. Dadurch könnte die Frage, ob die ausgeschiedene Kieselsäure noch vorhanden ist oder nicht, vielleicht der Entscheidung näher geführt werden.

Bei der Analyse augitischer Gesteine, welche Magneteisen enthalten, hat man letzteres durch Extraction mittelst

*) A. u. a. O. S. 46.

Salzsäure zu bestimmen gesucht. Nach meinen Erfahrungen wird diese Bestimmung immer etwas zu hoch ausfallen, da die Säure auch aus dem Augit Eisenoxydul extrahirt.

Die vorstehenden Betrachtungen zeigen, wie sehr sich die Analyse augitischer Labradorgesteine vereinfachen läfst, wenn man, statt den durch Säuren zersetzbaren und nicht zersetzbaren Antheil für sich zu analysiren, das Gestein als ein Ganzes in seine Bestandtheile zerlegt. Man gewinnt dadurch mehr als die halbe Arbeit, indem auch das mühsame Extrahiren der Kieselsäure im zersetzten Antheile, durch eine kochende Lauge von kohlensaurem Natron erspart wird, wodurch sogar, wenn man letztere sehr concentrirt anwendet, der Rückstand theilweise zersetzt *) und auf diese Weise das Resultat mit Fehlern beladen wird. Schon die alleinige Bestimmung der Kieselsäure kann im Allgemeinen zeigen, ob ausser Augit und Labrador noch andere, mineralogisch nicht erkennbare Fossilien vorhanden sind; denn die Menge dieser Säure entscheidet hierüber, wie wir gesehen haben, wobei indefs zu berücksichtigen ist, ob das Gestein mehr oder weniger verändert ist. Die Ermittelung der relativen Quantitäten des Augits und Labradors bleibt übrigens gleich unzuverlässig, man mag das Gestein in einen gelatinirenden und nicht gelatinirenden Antheil zerlegen, oder es als ein Ganzes analysiren; nur dann hat man einen etwas sicherern Anhaltepunct, wenn es möglich ist, den Labrador und den Augit für sich zu zerlegen.

Die Sonderung der zeolithischen Substanzen vom Labrador würde, wenn die Analyse sie auch bewirken könnte, doch keinen Zweck haben, da dieselben gewifs eben so wenig, wie die Zeolithe in den Blasenräumen, ursprüngliche Bildungen sind. Mit demselben Rechte, als man bei der Analyse Labrador-haltiger Gebirgsarten die zeolithischen Substanzen vom Labrador zu sondern versucht hat, könnte man diese Sonderung auch bei der Analyse der Labradorkrystalle, die einen bedeutenden Wassergehalt haben, vornehmen. Die von Delesse analysirten Labradore, deren Wassergehalt bis auf 2,5 Proc. steigt, enthielten wohl eben so viel zeolithische Substanzen, als

*) Bergemann a. u. a. O. S. 9.

ein Melaphyr von gleichem Wassergehalte. Aus der oben (S. 628) nachgewiesenen Zersetzbarkeit des Labradors durch Säuren ergiebt sich überdiefs, dafs die gesonderte Zerlegung die Menge der zeolithischen Substanzen jeden Falls zu hoch finden läfst. Da der Wassergehalt eines augitischen Labradorgesteins und der Gehalt an zeolithischen Substanzen in geradem Verhältnisse stehen: so ist es, um diese approximativ schätzen zu können, hinreichend, jenen zu ermitteln.

Die Schwankungen in den, aus der gesonderten Analyse abgeleiteten Verhältnissen der Gemengtheile eines augitischen Gesteins, und die unbestimmten Fossilien, auf die man kommt, zeigen, wie wenig Anhaltepuncte die Resultate einer solchen Analyse darbieten. So blieben, als Bergemann aus seinen schätzenswerthen Analysen verschiedener augitischer Labradorgesteine, nach dem gesonderten Verfahren, die Fossilien, welche sie zusammen setzen, bestimmen wollte, stets theils eisenfreie, theils eisenhaltige Silicate übrig, deren Menge in den verschiedenen Gesteinen von 11 bis 35 Proc. stieg und deren sehr verschiedenartige Zusammensetzungen sich keinem bekannten Fossile anpassen liefsen *).

Auf solche unbestimmbare Reste kann man stets kommen, wenn man vergifst, dafs gerade die augitischen Labradorgesteine die unbeständigsten, d. h. diejenigen sind, welche sich im Laufe der Zeit am meisten verändern, ohne jedoch, wenn nicht gänzliche Zersetzung eintritt, ihren Habitus so zu verlieren, dafs die ursprüngliche Beschaffenheit gar nicht mehr erkennbar ist. Man berechnet die Menge des Labradors nach der allgemeinen Formel aus der der Alkalien, wobei man, wie wir gesehen haben (S. 632), Fehler begehen kann, welche über das alterum tantum steigen. Man nimmt den Rest von dieser Rechnung für Augit, und dabei hat man einen grofsen Spielraum, weil die Zusammensetzung dieses Fossils aufserordentlich schwankt. Von dem von der Säure aufgenommenen Antheile, welcher der Mischmasch aus aufgelöstem Magneteisen, Olivin u. s. w. und aus theilweise zersetztem Labrador und Augit ist, zieht man die beiden ersten Fossilien ab, wenn man ihre Gegenwart mineralogisch erkannt hat,

*) A. u. a. O. S. 6.

wobei, wegen der veränderlichen Zusammensetzung des Olivins, abermals Fehler entstehen können. Dafs nun ein solcher mit allen Fehlern der Methode der Analyse und der Rechnung behafteter Mischmasch, dem überdiefs die Resultate aller Veränderungen und Zersetzungen des Gesteins im Laufe der Zeit ankleben, keine Aehnlichkeit mit irgend einem bekannten Fossile haben kann, ist klar.

Aber gerade dieser Mischmasch führt, da die augitischen Labradorgesteine zu den krystallinischen, d. h. zu denjenigen gehören, welche aus selbstständigen Fossilien zusammengesetzt sind, zu dem Schlusse, dafs entweder die Methode der Analyse fehlerhaft ist, oder dafs diese Gesteine im Laufe der Zeit theils durch Verlust, theils durch Aufnahme von Bestandtheilen Veränderungen erlitten haben. Sträubt man sich gegen das Letztere, und hält man auch die Methode der Analyse für exact: so mufs man umgekehrt schliefsen, dafs krystallinische Gesteine amorphe und nach unbestimmten Verhältnissen gemischte Fossilien enthalten. Findet man aber Gesteine, in denen die Gemengtheile in wohl erkennbaren Krystallen neben einander liegen, ohne dafs eine eigentliche Grundmasse vorhanden ist; findet man andere, worin gröfsere Krystalle in einer Grundmasse porphyrartig eingeschlossen sind, und wo diese unter dem Mikroskope als ein Gemeng aus denselben, aber weniger ausgebildeten krystallisirten Fossilien erscheint: so können in diesen Gesteinen solche, nach unbestimmten Verhältnissen zusammengesetzte Fossilien nicht vorkommen. Findet man endlich Gesteine, in welchen weder mit blofsem Auge, noch mittelst des besten Mikroskops Krystalle zu erkennen sind, deren äufsere Kennzeichen und durch die Analyse ermittelten Bestandtheile aber die gröfste Uebereinstimmung mit jenen Gesteinen zeigen, worin man bestimmte Fossilien wahrnimmt: so würde es ungereimt sein, in denselben einen Mischmasch unbestimmter Fossilien annehmen und sie mithin von den krystallinischen Gesteinen ausschliefsen zu wollen. Besteht jedes krystallinische Gestein aus lauter selbstständigen, wenn auch nicht immer krystallisirten Fossilien, und kommt man gleichwohl bei der gesonderten Analyse auf einen Mischmasch: so kann diefs nur davon herrühren, dafs entweder die Methode keine genaue Scheidung zwischen den von Säuren

zersetzbaren und nicht zersetzbaren Fossilien zuläfst, oder dafs diese Fossilien schon in einem mehr oder weniger zersetzten Zustande sich befinden. Es ist keine Frage, dafs beides zugleich stattfindet; denn auch dann, wenn das krystallinische Gestein als ein Ganzes analysirt wird, und mithin die Fehler der Methode vermieden werden, bleibt doch von einzelnen Bestandtheilen ein Ueberschufs, der in diesem Falle nur vom veränderten Zustande der Fossilien herrühren kann.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen kommen wir zu den einzelnen augitischen Labradorgesteinen, die bis jetzt analysirt worden sind. v. Bibra *), Bergemann **) und Delesse ***) haben Melaphyre untersucht. Bergemann analysirte nach dem gesonderten Verfahren. Um aus den Resultaten seiner Untersuchungen auf die Gemengtheile der Melaphyre schliefsen, und sie mit denen von Delesse vergleichen zu können, war es nöthig, die getrennten Analysen des von Säuren zersetzbaren und nicht zersetzbaren Antheils in ein Ganzes zu vereinigen. Mehrere der von ihm untersuchten Gesteine enthielten Carbonate (Kalk- und Eisenoxydul-Carbonat), deren Menge er bestimmte. Da die Kohlensäure den ursprünglichen Gesteinen nicht angehört hat, sondern erst im Laufe der Zeit, in Folge eingetretener Zersetzungsprocesse von aufsen hinzugekommen ist: so wurde diese Säure in Abzug gebracht. Die in seinen Analysen als Eisenoxydul im Carbonat, im Magneteisen und im Eisenoxydhydrat angegebenen Quantitäten des Eisens wurden addirt und das Wasser in letzterem subtrahirt. Die so erhaltenen Resultate wurden mit dem Zusatze „nach der Reduction“ bezeichnet. Die Analysen von Delesse brauchten nicht reducirt zu werden, da die Melaphyre von diesem Chemiker als solche, nicht nach vorhergegangener Zerlegung durch Säure, zerlegt wurden.

*) Journ. f. pract. Chem. Bd. XXVI. S. 29.

**) Ueber die chem. Zusammensetzung einiger vulk. Gebirgsarten in Karsten's und v. Dechen's Archiv. Bd. XXI. S. 1 ff.

***) Mémoire sur la constitution minéralogique et chimique des Roches des Vosges (Extrait des Mémoires de la Soc. d'émulation du Doubs) Besançon 1847.

	I.	Sauerst.	II.	III.
Kieselsäure .	53,17	27,61	50,79	49,82
Thonerde . .	19,77	9,24		
Eisenoxydul .	8,56	1,90	27,25	29,74
Manganoxydul	0,51	0,11		
Kalk . . .	3,87	1,10	8,02	7,31
Magnesia . .	4,96	1,92	10,74	10,93
Natron u. Kali	7,02	1,05		
Wasser . .	2,14		3,50	2,20
	100,00	15,77	100,30	100,00
		0,571 *)		

	IV.	Sauerst.	V.	VI.	Sauerst.
Kieselsäure	54,42	28,28	53,55	55,29	28,71
Thonerde .	20,60	9,63	19,43	18,78	8,78
Eisenoxydul .	9,44	2,15	7,55	9,46	2,10
Manganoxydul	0,93	0,21	0,85		
Kalk . . .	3,64	1,02	8,02	3,14	0,89
Magnesia .	3,87	1,50		3,48	1,35
Natron . .	4,48	1,14	7,93	8,68	1,85
Kali . . .	0,94	0,16			
Wasser . .	1,97		2,67	1,17	
	100,29	15,81	100,00	100,00	14,97
		0,559			0,522

*) Diese Zahl ist hier, wie in den folgenden Analysen der Sauserstoffquotient (S. 631).

	I. a	Sauerst.	V. a	Sauerst.
Kieselsäure . .	52,89	27,46	53,20	27,62
Thonerde . .	27,39	12,80	27,31	12,77
Eisenoxyd . .	1,24	0,37	1,03	0,31
Manganoxyd .	0,30	0,09	Spur	
Kalk	5,89	1,67	8,02	2,28
Magnesia . .	Spur		1,01	0,39
Natron . . .	5,29	1,36	3,52	0,90
Kali	4,58	0,78	3,40	0,58
Wasser . . .	2,28		2,51	
	99,86	17,07	100,00	17,23
		0,622		0,624

	b	Sauerst.	VI. a	Sauerst.
Kieselsäure . .	53,23	27,64	55,70	28,92
Thonerde . .	27,73	12,96	25,23	11,79
Eisenoxyd . .	1,50	0,45	1,71	0,51
Manganoxyd .	Spur		Spur	
Kalk	8,28	2,35	4,94	1,40
Magnesia . .	0,93	0,36	0,72	0,28
Natron . . .	} 7,38	1,57	7,04	1,81
Kali			3,53	0,60
Wasser . . .	0,95		0,77	
	100,00	17,69	99,64	16,39
		0,640		0,567

I. Schwärzlich grüne Grundmasse eines besonders charakteristischen Melaphyrs von *Belfahy* in den *Vogesen*, welcher grofse Labradorkrystalle einschliefst *).

*) Delesse fand, dafs der geschmolzene und fein gepülverte Melaphyr von Salzsäure vollständig zersetzt wird; er verhält sich also, wie mehrere einfache Fossilien (S. 471 ff.). Es scheint, dafs die Gemengtheile desselben, Labrador und Augit oder Hornblende, gegenseitig als Aufschliefsungsmittel auf einander wirken.

II. Ziemlich dunkelgrüne Grundmasse eines breccienartigen Melaphyrs, in der Nähe von *Puix* in den *Vogesen*, nicht weit vom Contacte mit dem Uebergangsschiefer. Er enthält kleine unvollkommene Labradorkrystalle und selten Augitkörner.

III. Violettrothe Grundmasse des Melaphyrs von *Giromagny* in den *Vogesen*, welche viele kleine, schön grüne und vollkommen deutliche Feldspathkrystalle (Labrador?) und bisweilen auch dunkelgrüne Augitkrystalle einschliefst.

IV. Mandelsteinporphyr (Spilit) von *Emoulière*, welcher keine erkennbaren Krystalle enthält. Er schliefst Drusenräume ein, die gewöhnlich fast ganz mit kohlensaurem Kalk erfüllt sind, welchen eisenhaltiger Chlorit umgiebt.

V. Grundmasse des antiken grünen Porphyrs aus den Ebenen von *Helos*.

VI. Grundmasse des Melaphyrs von *Tyfholm's Udden*, beim Vorgebirge *Holmen* unweit *Christiania* in *Norwegen*.

I. a. Labradorkrystall aus dem Melaphyr I. Dieser Labrador wird in fein gepulvertem Zustande von Salzsäure und selbst in der Kälte angegriffen.

V. a. Labradorkrystall aus dem antiken Porphyr V.

b. Labrador aus dem durch Leop. v. Buch so berühmt gewordenen Melaphyr zwischen *Bolzano* und *Colmano* in *Tyrol*.

VI. a. Labrador aus dem Porphyr VI.

Diese sämmtlichen Analysen von I bis VI. a sind von Delesse.

Die Zusammensetzung der Grundmasse der Melaphyre I und VI gestattet, wenn man sie mit der Zusammensetzung der Labradore aus diesen Melaphyren I. a und VI. a vergleicht, eine Berechnung der relativen Quantitäten ihrer Gemengtheile. Unter der Voraussetzung, dafs die Alkalien in der Grundmasse beider Melaphyre blofs dem Labrador zugehören, und dafs der labradorische Gemengtheil in der Grundmasse eben so zusammengesetzt ist, wie die darin eingeschlossenen Labradorkrystalle, finden sich die Gemengtheile der Grundmasse

	des Melaphyrs I.	des Melaphyrs VI.
Labrador	71,02 Proc.	81,82 Proc.
Rest	28,78 „	18,18 „

und dieser Rest besteht aus

	Melaphyr I.	Melaphyr VI.
Kieselsäure . . .	53,07	45,39
Thonerde	0,99	—
Eisenoxydul . . .	26,21	38,31
Manganoxydul . .	1,02	—
Magnesia	16,94	13,73
Wasser	1,77	2,57
	100,00	100,00

In I wird fast die ganze Menge der Thonerde und mehr noch als die vorhandene Kalkerde vom Labrador in Anspruch genommen; denn von jener bleiben nur 0,29 Proc. übrig und von dieser fehlen noch 0,32 Proc.

In VI reichen die Thonerde und die Kalkerde in der Grundmasse nicht hin; denn es fehlen an jener 1,94, an dieser 0,92 Proc.

Beide Melaphyre enthalten daher einen thonerde- und kalkerdefreien Augit. Für den thonerdefreien Augit sprechen auch der Kieselsäuregehalt und die Sauerstoffquotienten, welche in beiden Melaphyren innerhalb der Grenzen fallen, die für Labrador- und thonerdefreien Augit- haltende Gesteine gelten. Unter allen Augiten ist es nur der Eisen-Mangan-Augit, welcher keine Kalkerde enthält. Im Reste von I beträgt aber das Manganoxydul nur 1 Proc. und in dem von VI fehlt es ganz. Ueberhaupt gleicht die Zusammensetzung beider Reste nicht im mindesten der irgend eines Augits.

Delesse bemühte sich, die Fossilien in der Grundmasse verschiedener Melaphyr-Varietäten unter dem Mikroskope, bei 100maliger Vergröfserung, zu bestimmen. Er unterschied zwei krystallinische Gemengtheile, wovon der eine durchsichtig, grünlich, in gröfster Menge vorhanden und nichts anders als Labrador ist, der andere dunkelgrün und mit jenem innig gemengt ist. Diesen hält er nicht für Augit, sondern für Hornblende, weil beim Calciniren des Gesteins die Augitkrystalle dunkler werden, während die Grundmasse gewöhnlich eine braune oder hellröthliche Farbe annimmt, wie die Hornblende-haltigen Diorite und Dioritporphyre, wenn sie

geglüht werden. Auch die Grundmasse von VI hält nach v. Buch, Cordier und Keilhau Hornblende.

Ist aber nicht Augit, sondern Hornblende in der Grundmasse, so wird es augenscheinlicher, warum, nach Abzug der für die Mischung des Labradors nöthigen Kalkerde, nichts übrig bleibt; denn es giebt Hornblende-Varietäten (Antophyllit und Arfvedsonit), in denen diese Erde theils ganz fehlt, theils bis auf ein Minimum herabsinkt. Der Sauerstoffquotient in den thonerdefreien Hornblenden fällt in sieben Arten zwischen 0,425 und 0,451 und nur in dreien steigt er von 0,468 bis auf 0,50. Jene sieben gehören gerade zu den meist characteristischen Hornblenden; der Sauerstoffquotient in diesen darf daher als der normale betrachtet werden. In den chemischen Formeln nimmt man $\frac{4}{9}$ = 0,444 als den normalen an, und diese Zahl ist auch sehr nahe das Mittel aus jenen sieben Hornblende-Varietäten. Da sonach der Sauerstoffquotient bei den thonerdefreien Hornblenden kleiner, als bei den thonerdefreien Augiten ist: so wird die Gegenwart der ersteren in der Grundmasse der Melaphyre mehr, als die der letzteren die Sauerstoffquotienten vermindern. Während daher in einem, aus gleichen Theilen Labrador und thonerdefreien Augit bestehenden Melaphyr der Sauerstoffquotient 0,5835 ist, (S. 631) beträgt er in einem, aus gleichen Theilen Labrador und thonerdehaltiger Hornblende bestehenden Melaphyr nur 0,555. Als Folge davon, dafs in der thonerdehaltigen Hornblende der Sauerstoffquotient kleiner, als im thonerdehaltigen Augit ist, steigt auch die Menge der Kieselsäure in jener höher, als in dieser: sie fällt zwischen 56 und 60 Proc. Da nun, nach obiger Berechnung, in den beiden Melaphyren I und VI der Labrador bis auf 71 und 82 Proc. steigt, und gleichwohl die Sauerstoffquotienten bis auf 0,571 und 0,522 herabsinken: so sprechen diese Verhältnisse sehr zu Gunsten der Gegenwart der Hornblende in der Grundmasse dieser Melaphyre. Auch in den übrigen Melaphyren mufs, wie die bedeutende Menge der Alkalien zeigt, der Labrador der überwiegende Gemengtheil sein *); in ihnen ist daher

*) Da das spec. Gewicht des Labradors geringer, als das des Augits ist: so mufs das specif. Gewicht des Melaphyrs um so mehr

gleichfalls Hornblende zu vermuthen. Dazu kommt noch, dafs nicht blofs in diesen beiden Melaphyren, sondern auch in IV, und wahrscheinlich auch in II, III und V die Magnesia gegen die Kalkerde vorherrscht; denn da in den thonerdefreien Hornblenden erstere durchgängig die letztere überwiegt, im Labrador hingegen Magnesia entweder gar nicht oder doch nur spurweise vorkommt: so deutet auch dieser Umstand auf die Gegenwart von Hornblende in der Grundmasse vorstehender Melaphyre.

Nehmen wir in II eine labradorische Grundmasse von der Zusammensetzung des Labradors I. a an, betrüge diese eben so viel, wie in I: so würde sie von den 8,02 Proc. Kalkerde 4,18 in Anspruch nehmen. Es würden daher 3,84 übrig bleiben für die Hornblende, die in diesem Falle 29,3 Proc. betragen würde, und darin würden 13,07 Proc. Kalkerde enthalten sein: eine Quantität, die nahe dem Grammatit und Strahlstein zukommt. In I und VI bleibt aber, wie wir gesehen haben, keine Kalkerde für die Hornblende übrig, wenn wir dem Labrador die nach der Analyse desselben nöthige Menge zutheilen.

Delesse spricht nirgends von porphyrartig eingewachsenen Hornblendekrystallen; sondern nur von Augiten. Enthält nun die Grundmasse Hornblende, so zeigt sich in diesen Melaphyren das Eigenthümliche, dafs in denselben Hornblende und Augit gleichzeitig vorkommen. Aus den drei Melaphyren I, II und III ersieht man, dafs die Kalkerde eine sehr veränderliche Gröfse ist. Bei der Umwandlung des Augits in Hornblende scheidet sich Kalkerde aus und Magnesia wird aufgenommen (S. 540). Es liegt daher die Vermuthung nicht fern, dafs die Grundmasse in den Melaphyren ursprünglich reicher an Kalk gewesen ist, und dafs sich dieselbe durch Austausch gegen Magnesia im Laufe der Zeit vermindert hat. Die Möglichkeit ist daher nicht zu bestreiten, dafs in den Grundmassen der Melaphyre, in denen wir Hornblende anzunehmen Gründe haben, dieselbe ursprünglich Augit, welchen wir in II und III

abnehmen, je mehr der Labrador zunimmt. Leop. v. Buch hat schon auf diese Weise die relativen Quantitäten der beiden Gemengtheile im Augitporphyr zu bestimmen gesucht.

wirklich finden, gewesen sein könne. Dieser, in Krystallen oder Körnern ausgeschieden, widerstand der Umwandlung.

Ist Kalkerde überhaupt aus der Mischung der Grundmasse dieser Melaphyre getreten, so ist durchaus nicht zu vermuthen, dafs nur die Hornblende oder der Augit diese Erde abgegeben, dagegen der Labrador sie zurückgehalten habe. Jeden Falls schritten Hornblende oder Augit dem Labrador in der Zersetzung nicht vor; sondern beide verloren im Laufe der Zeit von ihrer Kalkerde. Da selbst die grofsen Labradorkrystalle VI. a von ihren Basen verloren haben, wie die relative Zunahme der Kieselsäure und die geringe Menge der Kalkerde zeigen: so ist diefs noch mehr vom Labrador in der Grundmasse zu erwarten. Es hat daher wenig Wahrscheinlichkeit, dafs die Hornblende oder der Augit in der Grundmasse I kalkfrei seien, und dafs die Menge der Kalkerde dem Labrador zugehöre, für welchen sie in I und VI, wie schon bemerkt, nicht einmal hinreichend wäre.

Dafs die Kalkerde unter allen Bestandtheilen der in Rede stehenden Melaphyre am meisten schwankt, ist in innigem Zusammenhange damit, dafs durch die Zersetzungsproducte, denen diese Gesteine unterliegen, diese Erde zunächst extrahirt wird. Im Mandelsteinporphyr IV findet sich auch der ausgeschiedene und fortgeführte Kalk in den Drusenräumen. Die vielen Quarzäderchen, welche beim Calciniren des Gesteins sich zeigen, sind ohne Zweifel die Reste des zersetzten Kalksilicats.

Nichts kann die Ansicht derjenigen Geologen, welche nichts von einer Veränderung der Gesteine wissen wollen, wenn sie frisch und unverwittert erscheinen, mehr alteriren, als diese Verhältnisse; denn wir wären in der That begierig, ihre Erklärung nach ihrer Voraussetzung zu hören, dafs die in Rede stehenden Melaphyre so, wie wir sie finden, aus dem Schoofse der Natur hervorgegangen seien. Sind diese Geologen aufser Stande, aus den obigen Resten, nach Abzug des Labradors, etwas zu machen, welches den bisher untersuchten Hornblenden und Augiten auch nur einigermassen gleicht, wenn sie auch einen Theil des Eisens als Magneteisen in Abzug bringen: so kann diefs uns nicht schwierig werden. Denn es ist klar, dafs, wenn man von der Zusammensetzung

eines Gesteins, welches ursprünglich ein Gemeng aus Labrador und Hornblende oder Augit war, im Laufe der Zeit aber durch Verlust und durch Aufnahme von Bestandtheilen sich verändert hat, die Mischung des Labradors in Abzug bringt, der Rest nicht mehr der Zusammensetzung der Hornblende oder des Augits entsprechen kann. Zeigt gleichwohl eine sorgfältige Untersuchung der Grundmasse unter dem Mikroskope, dafs sie aus nichts anderem, als aus Labrador und Hornblende oder Augit besteht: so kann man doch nicht solche Reste, wie wir sie oben erhalten haben, für ganz neue Fossilien halten? —

Was die Melaphyre II, III, IV und V betrifft, so läfst sich durch eine ähnliche Rechnung, wie bei I und VI nicht ermitteln, ob sie thonerdefreien oder thonerdehaltigen Augit enthalten; denn wir kennen nicht die Zusammensetzung des Labradors in ihnen. Wir sehen blofs, dafs in IV und V die Thonerde nahe so viel beträgt, als in I und VI; es ist daher sehr wahrscheinlich, dafs in IV und V, wie in I und VI, thonerdefreier Augit enthalten sei. Dafür spricht auch, dafs der Kieselsäuregehalt und die Sauerstoffquotienten in allen diesen Melaphyren zwischen die Grenzen fallen, welche für die Gesteine, die Labrador und thonerdefreien Augit halten, gelten. Vielleicht dafs sich Delesse zu einer Analyse der Augitkörner und Augitkrystalle in II und III entschliefst, um die Frage, ob sie thonerdefrei oder thonerdehaltig sind, direct zu beantworten.

Der Wassergehalt in den Labradoren I. a. V. a. b. und VI. a, in einem Fossil aus einer Gebirgsart, welche man, sagt Delesse, für eine plutonische halten mufs, setzt ihn in grofse Verwunderung *). Es ist in der That merkwürdig, wie selbst treffliche Chemiker so im Plutonismus versunken sein können, dafs der nahe liegende Gedanke, der Feldspath habe im Laufe der Zeit dieses Wasser aufgenommen, bei ihnen keinen Eingang findet. Die Frage, ob der Melaphyr feuerflüssigen Ursprungs sei oder nicht, kommt hierbei gar nicht in Betracht; denn ein auf neptunischem wie auf plutonischem Wege gebil-

*) Geglühter Labrador in Wasser liegend, nahm das verlorne Wasser nicht wieder auf.

detes Gestein kann im Laufe der Zeit chemisch gebundenes Wasser aufnehmen. Das Wasser im Eisenoxydhydrat, welches sich durch Zersetzung des Melaphyrs bildet, ist doch gewifs, mag dieses Gestein auf diesem oder auf jenem Wege entstanden sein, später hinzu gekommen. Wenn aber diefs Niemand in Abrede stellt, wie kann man sich dann wundern, Wasser im Labrador anzutreffen? — Delesse fand selbst, dafs das Wasser in Labradoren aus ähnlichen Gesteinen um so mehr beträgt, je grünlicher und wachsartiger sie sind, während es um so mehr abnimmt und ganz Null wird, wenn sich ihre Farbe in das Graue zieht. Sind aber nicht nach gerade graue oder weifse Farben dem unveränderten Labrador eigen, und sind nicht seine häufigen Farbenveränderungen Zeichen der begonnenen Zersetzung? — Er erklärt diese Farbenveränderungen selbst blofs aus einer höheren Oxydation des Eisens durch das atmosphärische Sauerstoffgas und Wasser; denn er fand den rosenfarbenen Feldspath in den, der atmosphärischen Luft exponirten Stellen, den weifsgrünlichen hingegen im Innern des Melaphyrs; an demselben Krystall beobachtete er sogar einen unmerklichen Uebergang von rosenroth in weifs. Die Farbenveränderung, welche mit einer Verminderung des spec. Gewichts verknüpft ist, und defshalb auf einen Verlust an Basen schliefsen läfst, erscheint daher als erster Act der Umwandlung des Feldspaths in Kaolin. Mit dieser Umwandlung ist aber die Aufnahme von Wasser nothwendig verknüpft (S. 297 ff.).

Der mittlere Wassergehalt der Grundmasse mehrerer Melaphyre, die zu den charakteristischen gehören, ist ziemlich nahe derselbe, wie in jenen Labradoren: nämlich zwischen 2,2 und 2,5 Proc. *). Steigt er aber noch höher, (auf 2,6 bis 3,59 Proc.), so verliert das Gestein seinen ursprünglichen Charakter und schliefst dann etwas kohlensauren Kalk und Chlorit ein. Ein abermaliger Beweis, wie zunehmender Wassergehalt solcher Gesteine in geradem Verhältnisse mit ihrer zunehmenden Zersetzung steht, und wie mithin der geringste

*) Delesse fand durch sehr zahlreiche uud sehr verschiedene Versuche, dafs nicht blofs die Melaphyre, sondern fast alle Porphyre, selbst die granitischen, Wasser enthalten.

Wassergehalt schon die begonnene Veränderung anzeigt, wenn auch die äufsern Kennzeichen sie noch nicht andeuten.

Die so ziemlich nahe Uebereinstimmung in der Zusammensetzung der Labradore von so weit von einander entfernten Orten ist nicht uninteressant, und besonders bemerkenswerth ist der bedeutende Gehalt an Kali, welches man bei älteren Analysen gar nicht, und bei neueren von andern Fundorten nur in viel geringerer Menge gefunden hat. In keinem dieser Labradore ist der Sauerstoffquotient 0,67, wie er im normalen Fossil sein mufs, sondern er sinkt in VI. a sogar bis auf 0,56 herab. Auch frühere Analysen weisen einen Kieselsäureüberschufs nach, welcher die leichte Zersetzbarkeit des Labradors überhaupt anzeigt. Der ganz normale Labrador ist daher noch aufzufinden.

Es wiederholt sich beim Labrador die Erscheinung beim Granat und Augit: die Basen und besonders die Kalkerde werden, in Folge der eintretenden Zersetzung, von Gewässern in gröfseren Mengen extrahirt, als die Kieselsäure, und das ursprüngliche gesetzmäfsige Verhältnifs ändert sich um so mehr, je mehr die Zersetzung fortschreitet. Ohne Quellwasser zu untersuchen, die aus Melaphyren kommen, können wir voraus sagen, dafs sie verhältnifsmäfsig bei weitem mehr Carbonate (Kalk-Magnesiacarbonat u. s. w.) enthalten werden, als Kieselsäure. Es ist also eine nothwendige Folge, dafs sie dem Labrador und Augit im Melaphyr mehr von den Basen, als von der Kieselsäure entziehen. Die vier Tagewasser aus den Achatgruben des Mandelsteingebirges bei *Idar* (B. I. S. 458), deren Bestandtheile nur vom Melaphyr herrühren können, enthielten sehr merkliche Quantitäten kohlensaurer Kalkerde; aber, wie alle süfsen Quellen dieser Art, nur sehr wenig Kieselsäure. Könnte es daher befremden, wenn wir im Labrador dieses Melaphyrs viel weniger von den Basen fänden, als die theoretische Zusammensetzung fordert? — Und woher anders kann das starke Brausen dieser Gesteine mit Säuren rühren, als von dem, durch die Kohlensäure der durchfiltrirenden Gewässer zersetzten Kalksilicate im Labrador und im Augit? —

In den Melaphyren I und VI sind die Sauerstoffquotienten 0,571 und 0,522; in den Labradorkrystallen dieser Mela-

phyre, in I. a und VI. a sind sie hingegen 0,622 und 0,56. Man sieht also, dafs die Grundmassen noch mehr von ihren Basen verloren haben, als die in ihnen eingewachsenen Labradorkrystalle, und diefs entspricht ganz der allgemeinen Erscheinung, dafs die unvollkommen krystallisirten Gemengtheile in den Grundmassen schneller, als die darin eingeschlossenen Krystalle derselben Art zersetzt werden.

In der Grundmasse V findet sich Quarz theils in Adern, theils in Knollen und manchmal als Karniol. Ungeachtet des bedeutenden Kalkgehaltes dieser Grundmasse, haben daher doch schon Zersetzungsprocesse stattgefunden, wodurch Kieselsäure ausgeschieden wurde, welche wahrscheinlich an Kalk gebunden war; denn in vielen Varietäten dieses Melaphyrs finden sich kleine mit kohlensaurem Kalk und eisenhaltigem Chlorit erfüllte Drusenräume. Auch in der Grundmasse VI trifft man Quarzmandeln und in Drusen kleine Quarzkrystalle an. Sie schliefst auch Kalkspathmandeln ein. In den Drusen der Mandelsteine findet sich Quarz theils mit, theils ohne Epidot. Manchmal bildet jener kleine Aederchen in der Grundmasse, die erst nach dem Calciniren sichtbar werden.

Die Gegenwart von Quarz in der Grundmasse dieser Melaphyre ist um so interessanter, als man bis jetzt gerade die Abwesenheit desselben für ein charakteristisches Kennzeichen dieser Gesteine hielt. Auch im Mandelstein von *Faucogney* u. s. w. findet er sich. Dieses Vorkommen beschränkt sich gewifs nicht auf die von Delesse untersuchten Melaphyre. Naumann *) führt unter dem Namen grüner Porphyr ein Gestein an, welches die Kuppen von *Rodersdorf* u. s. w. vorherrschend constituirt, und neben augitähnlichen Krystallen viel Quarz enthält. Ueberdiefs ist selbst da, wo das Auge den Quarz nicht mehr erkennt, aus einem vorherrschenden Kieselsäuregehalt auf die Gegenwart desselben zu schliefsen, wie namentlich beim Melaphyr VI. Delesse fand, dafs mit zunehmender Kieselsäure in der Grundmasse die Kieselsäure in den eingewachsenen Labradorkrystallen nahe in gleichem Verhältnisse zunimmt. Die Vergleichung des Kie-

*) Erläuterungen u. s. w. Heft 1. S. 142.

selsäuregehalts des eben genannten Porphyrs mit dem Kieselsäuregehalte der darin eingeschlossenen Labradorkrystalle (VI. a) zeigt diefs deutlich. Die Zersetzung dieser Labradorkrystalle und des Labradors in der Grundmasse halten daher gleichen Schritt, wenn auch letzterer schneller zersetzt wird als ersterer.

Beachtet man, dafs die Melaphyre mehr oder weniger auf die Magnetnadel wirken, dafs insbesondere das quarzreiche Gestein von *Rodersdorf* dieselbe lebhaft afficirt: so zeigt gerade diese Coëxistenz von Quarz und Magneteisen ganz entschieden (S. 575), dafs diese beiden Fossilien, sofern die Melaphyre auf plutonischem Wege entstanden sind, keine ursprünglichen Bildungen sein können. Die Plutonisten sind also vorzugsweise gezwungen, eine spätere Ausscheidung des Quarzes anzunehmen. Selbst aber, wenn Magneteisen nicht vorhanden ist, liegt die Vermuthung gewifs näher, dafs sich, sofern Quarz in der feuerflüssigen Masse im Ueberschusse vorhanden gewesen wäre, ein an Kieselsäure reicherer Feldspath, etwa Oligoklas, gebildet, als dafs sich neben Labrador Quarz ausgeschieden hätte.

Kalkspath, manchmal etwas kohlensaures Eisenoxydul, aber keine kohlensaure Magnesia haltend, erfüllt gleichfalls die Drusenräume der Melaphyre von *Belfahy*. In einem (in der Nähe von *Faucogney*) ist viel kohlensaurer Kalk verbreitet. Wahrscheinlich werden sie alle mehr oder weniger mit Säuren brausen. Der kohlensaure Kalk scheint nur dann bedeutend hervorzutreten, wenn die Melaphyre keine porphyrartig ausgeschiedenen Krystalle enthalten. Diefs ist in völliger Uebereinstimmung mit dem schon bemerkten Umstande, dafs die Grundmassen leichter zersetzt werden, als die in ihnen porphyrartig eingeschlossenen Krystalle.

Der kohlensaure Kalk ist in den Drusen sehr häufig begleitet von einem grünen, fasrigen Fossil, welches ihn überzieht. Nr. VII ist die Zusammensetzung dieses Fossils:

	VII	VIII
Kieselsäure	31,07	27,81
Thonerde	15,47	14,31
Eisenoxyd	22,21	25,63
Manganoxydul	Spuren	2,18
Kalk	0,46	
Magnesia	19,14	14,31
Wasser	11,55	12,55
	99,90	96,79

Dieser eisenhaltige Chlorit, wie ihn Delesse nennt, findet sich ganz mit denselben Charakteren im antiken Porphyr, in den Augitporphyren *Tyrol's* und am *Ural*, im Allgemeinen in allen Melaphyren, und endlich in den Drusen aller Trapparten. Die Grünerden scheinen nur besondere Varietäten dieses Fossils zu sein, wie auch die Aehnlichkeit mit der Zusammensetzung der aus dem Magneteisenlager in *Dalarne* (B. I. S. 454), deren Analyse wir unter VIII beifügten, zeigt. Dieser eisenhaltige Chlorjt kommt, nach Delesse, nie im Gesteine mit Labradorkrystallen gemengt, sondern nur in den Mandeln vor. Wir möchten indeſs vermuthen, daſs die oben (S. 624) bemerkten Farbenveränderungen des basaltblauen Melaphyrs in grüne Gesteine, welche bei beginnender Zersetzung eintreten, gleichfalls von einer theilweisen Umwandlung der Grundmasse in einen solchen Chlorit, der nicht von Gewässern fortgeführt wird, sondern in der Grundmasse zurückbleibt, herrühren. Das oben (S. 625) von Gutbier beschriebene Fossil in den Drusenräumen grüner Mandelsteine ist höchst wahrscheinlich ein eisenhaltiger Chlorit.

Daſs ein in Drusenräumen vorkommendes Fossil nur ein Infiltrationsproduct sein kann, dieſs fordert wohl keinen Beweis mehr: es ist eine Thatsache. Daſs das Material zu seiner Bildung aus den Umgebungen des Drusenraums extrahirt worden sein müsse, ist davon eine nothwendige Folge. Diese Umgebungen in den Melaphyren enthalten sowohl in der Grundmasse, als in den porphyrartig ausgeschiedenen Krystallen Labrador und Augit oder Hornblende. Augit kann sich in Grünerde umwandeln (S. 562); es ist daher nichts gegen

die Annahme zu erinnern, dafs die Gewässer auch aus der Hornblende des Melaphyrs die Bestandtheile zur Bildung jenes eisenhaltigen Chlorits extrahiren können. Es ist jedoch nicht zu erwarten, dafs sich die Wirkung der Gewässer blofs auf die Hornblende beschränken sollte, um so weniger, da wohl der, der Menge nach, vorwiegende labradorische Antheil leichter als jene zersetzt wird. Ohne Zweifel liefert die ganze Grundmasse die Bestandtheile jenes Infiltrationsproducts. Vergleichen wir die Zusammensetzung von I mit der des eisenhaltigen Chlorits VII, so finden wir, dafs die Magnesia in diesem 4 Mal so viel beträgt, als in jenem. Diese Erde ist daher in viel gröfserer Menge von Gewässern extrahirt worden, als die übrigen Bestandtheile. Unter der Voraussetzung, dafs sie aus einer gegebenen Menge Grundmasse vollständig ausgezogen worden sei, ergeben sich folgende Zahlenverhältnisse:

	Grundmasse		Chlorit		Rest
Kieselsäure	205,18	—	31,07	=	174,11
Thonerde	76,29	—	15,47	=	60,82
Eisenoxyd	36,70	—	22,21	=	14,49
Manganoxydul . . .	1,97			=	1,97
Kalk	14,93	—	0,46	=	14,47
Magnesia	19,14	—	19,14	=	0,00
Natron und Kali . .	27,09	—		=	27,09
	381,30		88,35	=	292,95

Die Bestandtheile dieses Restes sind theils in der Grundmasse zurückgeblieben, theils von den Gewässern gleichzeitig mit dem Chlorit fortgeführt worden. Den Kalk finden wir als Carbonat sehr häufig in den Drusenräumen mit dem eisenhaltigen Chlorit, und bisweilen ist dieser auch von Quarz umgeben. Von der Kalkerde und Kieselsäure ist daher mehr oder weniger durch die Gewässer fortgeführt worden. Dafs sich ein Theil der Kieselsäure in der Grundmasse selbst ausgeschieden hat, beweisen die Quarzäderchen, welche dieselbe durchziehen. Erreicht die Zersetzung der Grundmasse ihre Vollendung, so bleiben quarz- und eisenhaltige Thone zurück, und diese Producte, welche nicht einmal mehr brausen (S. 620)

mithin allen Kalk verloren haben, finden wir wirklich nach gänzlicher Zersetzung des Melaphyrs. Es versteht sich von selbst, dafs die löslichsten Bestandtheile dieses Gesteins, die Alkalien, wenn es so vollständig zersetzt wird, durch die Gewässer fortgeführt werden. Wir begreifen aber auch, wie Grünerde, welche Alkalien enthält (B. I. S. 806), als Infiltrationsproduct entstehen kann.

So sehen wir denn, wie alles so erfolgt, wie es erfolgen mufs, wenn die Gewässer aus der Grundmasse des Melaphyrs die Bestandtheile eines eisenhaltigen Chlorits extrahiren. Wir sehen ferner, dafs die Zersetzung des Labradors, wie die des Orthoklas, (S. 302) mit einer Ausscheidung von Kieselsäure verknüpft ist. Es ist aber klar, dafs in der Grundmasse eines Melaphyrs noch mehr oder weniger Magnesia, Kalk, Natron und Kali gefunden werden können, obgleich schon Bestandtheile, aus denen sich Infiltrationsproducte, nämlich eisenhaltiger Chlorit, Kalkspath und Quarz in den Drusenräumen gebildet haben, extrahirt worden sind; denn man darf nicht vergessen, dafs in der Regel die Massen in den Drusenräumen unbedeutend sind gegen die des umgebenden Gesteins. Da nach obigen Zahlenverhältnissen das Gestein, welches dem eisenhaltigen Chlorit die erforderliche Menge Magnesia liefert, 4,3 Mal so viel als dieser Chlorit betragen mufs: so ist klar, dafs, wenn etwa eine Masse Gestein, welche 1000 Mal so viel, als dieser Chlorit beträgt, dessen Bestandtheile liefert, nur $\frac{1}{232}$ Magnesia extrahirt wird; also so wenig, dafs die Analyse kaum den Verlust anzeigen kann.

Quarz und Epidot kleiden, wie der eisenhaltige Chlorit, die Drusenräume in den Mandelsteinen aus. Es giebt Mandeln, die blofs aus Chlorit und Quarz bestehen, und am häufigsten ist dieser die innere Bildung und von jenem umgeben; bisweilen kehrt sich's aber um. Manchmal finden sich Mandeln, welche blofs aus Epidotkrystallen gebildet sind; meist kommen sie aber in den, an Quarz reichen Mandeln vor, während der Chlorit die mit Kalkspath erfüllten auskleidet.

Dieses Zusammenvorkommen ist recht interessant und zeigt das mannichfaltige Spiel in den Zersetzungen und neuen Bildungen. Der eisenhaltige Chlorit enthält nur noch Spuren von Kalk; daher mufste der in der Grundmasse enthaltene

Kalk, bei ihrer Zersetzung in Chlorit, in eine andere Verbindung treten; daher finden wir ihn als Carbonat neben Chlorit in den Drusen. Der Epidot ist dagegen ein an Kalk sehr reiches Fossil; daher wurde bei der Zersetzung der Grundmasse in Epidot aller Kalk in jener von diesem aufgenommen, und es fand keine Bildung von Kalkspath statt. Da indeſs der Epidot weniger Kieselsäure (33 bis 42 Proc.) als die Grundmasse der Melaphyre enthält: so muſste bei dieser Zersetzung Kieselsäure ausgeschieden werden; daher ihr Vorkommen in den, an Quarz reichen Mandeln. Oben (S. 609) haben wir indeſs auch Epidot im Gemenge mit Kalkspath in einer dem Serpentin ähnlichen Grundmasse gefunden.

Quarz und Epidot finden sich auch in Gängen von Melaphyr, worin jener gewöhnlich die Mitte einnimmt, und dieser mit dem Quarz parallele Sreifen bildet. Desgleichen trifft man Epidot in der Masse des Gesteins selbst, dem er eine pistaziengrüne Farbe ertheilt, an.

Schon oben (S. 416) haben wir aus dem häufigen Vorkommen des Epidots in Drusenräumen und auf Kluftflächen auf die unzweifelhafte Bildung desselben auf nassem Wege geschlossen. Das Vorstehende bestätigt diese Schlüsse und zeigt, wie dieses Fossil das Material zu seiner Bildung der Grundmasse des Melaphyrs entnimmt. Sofern der Epidot sich aus Gewässern absetzt, wie in Drusenräumen, wird er in seiner eigenen Krystallform erscheinen. Dasselbe wird geschehen, wenn er sich im Gesteine selbst aus einer amorphen Grundmasse oder wenigstens aus einer Zusammenhäufung von mikroskopisch kleinen unvollkommenen Augit- und Labradorkrystallen bildet. Indeſs der Epidot in der Form von Wernerit (S. 413) zeigt, daſs jener auch in erborgten Krystallformen auftreten kann *).

*) Da ich seit dem Drucke des Bogen 26 Gelegenheit hatte, das Königl. Mineralien-Cabinet in *Berlin* in Augenschein zu nehmen: so erlaube ich mir, hier nachträglich zu bemerken, daſs ich ähnliche Wernerityrstalle, wie die von Forchhammer beschriebenen, dort gefunden habe. Ein solcher Wernerit war auf der einen Seite ganz in Epidot umgewandelt, und die scharfe Grenze zwischen beiden war ganz unregelmäſsig. Ein anderer Wernerityrstall derselben Stufe war an verschiedenen Stellen grün ge-

Da Delesse den Epidot, welcher die Drusenräume auskleidet, nicht analysirt hat, und dieses Fossil in seiner Zusammensetzung sehr variirt: so kann es keinen Zweck haben, eine ähnliche Calculation, wie beim Chlorit zu machen.

Im Porphyr von *Belfahy* findet sich auch Eisenkies in der ganzen Masse, obgleich in sehr geringer Menge zerstreut. Dieses zeigt, dafs in diesem Gesteine noch andere Processe von Statten gegangen sind, woran in Gewässern aufgelöste schwefelsaure Salze und organische Ueberreste Antheil genommen haben.

Im antiken grünen Porphyr, in den Melaphyren von *Tyrol*, vom *Altai* und von *Aegypten* finden sich dieselben zufälligen Fossilien (Eisenkies, Quarz und Epidot, eisenhaltiger Chlorit und Kalkspath) und eben so gruppirt, wie im Melaphyr von *Belfahy*. Ausgezeichnet sind die Melaphyre von *Tyrol* durch die vielen Zeolithe, wie Stilbit, Apophyllit, Prehnit. In den Melaphyren unweit *Cazona*, an der westlichen Küste des *Luganersee's*, fand v. Buch *) eine so grofse Menge Epidot, dafs die ganze Masse mit grünen Punkten übersäet erschien. Diese Melaphyre sind identisch mit den Varietäten zu *Chapelotte* u. s. w. in den *Vogesen*. Ein Stück eines granitischen Gesteins von *Predazzo*, in welchem mit Kalkspath und eisenhaltigem Chlorit erfüllte Höhlungen sich finden, beschreibt v. Buch. Dieses Gestein rührt von einem veränderten Granit her, der von Melaphyr durchzogen ist. Ein solches Vorkommen jener Einschlüsse kann nicht befremden; denn eben so wie dieselben von Gewässern in den Drusen des Melaphyrs abgesetzt wurden, konnten sie auch in Höhlenräumen eines benachbarten Gesteins abgesetzt werden **).

färbt: Ohne Zweifel hatte hier schon ein allmäliger Uebergang in Epidot stattgefunden. In einer anderen Stufe waren sehr viele Werneritkrystalle, deren eines Ende in Epidot umgewandelt war. Auf dieser Stufe zeigte sich auch Magneteisen.

*) Annales des sciences naturelles. T. X. p. 200.

**) Im Königl. Mineralien-Cabinet zu *Berlin* fand ich in einem Drusenraume im Granit von *Baveno* Chlorit, Kalkspath, Flufsspath und ein Fossil, welches vielleicht Laumonit ist. Also in diesem Drusenraume treffen wir zum Theil wasserhaltige Fossilien an, welche offenbar Infiltrationsproducte sind.

Es folgen mehrere von **Bergemann** analysirte Melaphyre und ähnliche augitische Labradorgesteine, welche nach obiger Weise (S. 649) reducirt wurden.

	I		II		III
Kieselsäure . . .	49,29		48,22		42,72
Thonerde . . .	22,34		21,24		23,76
Eisenoxydul . .	0,33		0,87	Eisenoxyd	18,64
Magneteisen titanhaltig . .	4,28		4,40		
Kalkerde . . .	9,79		7,63		9,88
Magnesia . . .	0,64		0,32		
Natron	3,35		2,80		3,61
Kali	0,02		Spuren		Spuren
Kohlens. Eisenoxydul	7,84	Eisenoxydhydrat	11,51		
Kohlens. Kalk . .	1,30		1,32		
Wasser *) . . .	0,75		1,68		2,02
	99,93		99,99		100,63

	I. a		II. a		III. a
		Sauerst.		Sauerst.	Sauerst.
Kieselsäure	51,75	26,87	50,78	26,37	22,18
Thonerde	23,45	10,96	22,36	10,45	11,11
Eisenoxydul	9,55	2,12	14,75	3,27	5,59
Kalkerde .	11,05	3,14	8,81	2,51	2,81
Magnesia .	0,67	0,26	0,34	0,13	
Natron .	3,51	0,9	2,96	0,76	0,93
Kali . .	0,02	0,003	Spur		
	100,00	17,383	100,00	17,12	20,44
		0,647		0,649	0,922

*) Das Wasser wurde als ein, gleich der Kohlensäure, von aufsen hinzugekommener Bestandtheil in den reducirten Analysen weggelassen.

	IV	V	VI
Kieselsäure . . .	50,76	49,05	60,60
Thonerde . . .	22,47	10,86	18,59
Eisenoxydul . .	0,04	4,55	1,30
Eisenoxyd . . .		16,17	1,18
Magneteisen, titanhaltig . .	6,26	Manganoxyd.	0,44
Kalkerde . . .	10,26	12,29	2,14
Magnesia . . .	0,68	5,47	0,30
Natron	3,05	mit wenig Kali 1,66	8,64
Kali	0,12		1,00
Kohlens. Eisenoxydul	3,75		
Kohlens. Kalk . .	2,00		
Wasser	0,75	Glüheverlust	6,45
	100,14	100,05	100,64

	IV. a		V. a	VI. a
		Sauerst.	Sauerst.	Sauerst.
Kieselsäure .	52,55	27,29	25,47	31,47
Thonerde . .	23,27	10,88	5,08	8,69
Eisenoxydul .	8,41	1,87	1,01	0,29
Eisenoxyd			4,85	0,35
Manganoxydul .				0,10
Kalkerde . . .	11,79	3,35	3,49	0,61
Magnesia . .	0,71	0,28	2,12	0,12
Natron . . .	3,15	0,81	0,43	2,22
Kali	0,12	0,02		0,17
	100,00	17,21	16,98	12,55
		0,631	0,667	0,398

I. Ein dem grobkörnigen Dolerit sehr ähnliches bräunlich- oder grünlich-schwarzes Gestein von der Höhe des *Schaumberges.* Vom Magnete wird aus dem gröblichen Pulver Magneteisen ausgezogen; die zurückbleibenden Theilchen sind Augit. Nach Behandlung eines gröfseren Bruchstückes

mit kochender Salzsäure bleibt eine labradorische Grundmasse von blendend weifser Farbe zurück, worin kleine Augitkrystalle eingeschlossen sind. Hierbei zeigen sich in dem Gesteine kleine Höhlungen, die, offenbar von der Extraction der Carbonate herrührend, mit dünnen Labradorblättchen überzogen sind. Der Glüheverlust beträgt 3,448 Proc., wobei weder empyreumatische und ammoniakalische, noch saure Dämpfe entweichen. Das feine Steinpulver mit Wasser übergossen macht dasselbe nach einiger Zeit alkalisch: ein Beweis, wie schon das Wasser allmälig zersetzend wirkt.

II. Ein am westlichen Abhange des *Schaumbergs* vorkommendes braungelbes, krystallinisches Gestein, welches aus einer Anhäufung von gelblichen, bräunlichen und schwarzen Gemengtheilen besteht. Vom Magnete wird aus dem gepulverten Gestein Magneteisen ausgezogen. Salzsäure läfst Labrador zurück, worin Augitkrystalle eingeschlossen sind. Das Gestein, welches als eine stark mit Eisenoxydhydrat imprägnirte Masse erscheint, besitzt keine grofse Festigkeit und befindet sich offenbar in einem Zustande der Verwitterung. Der Glüheverlust beträgt 6,7 Proc.

III. Ein Gestein in schwarzen, kugelförmigen Absonderungen vom *Schaumberge*, welche aus einem grauen oder graugrünen Kern von aufserordentlicher Festigkeit und einer verwitterten bräunlichen Rinde bestehen. Der Kern wurde analysirt. Unter der Lupe erscheint er als ein sehr inniges Gemeng aus weifsen und schwarzen Theilchen, wovon die glänzenden Blättchen ohne Zweifel aus Augit oder Hornblende bestehen. Auf die Magnetnadel wirkt das Gestein entschieden ein. Der Glüheverlust beträgt 2,02 Proc., wobei nichts Empyreumatisches zu bemerken war.

I. a. Das Gestein I nach der Reduction.

II. a. Das Gestein II nach der Reduction.

III. a. Die Sauerstoffantheile im Gesteine III.

IV. Ein Gestein von *Martinstein* bei *Kirn*, welches im Aeufsern fast ganz mit I übereinstimmt. Die Grundmasse bildet ein inniges Gemenge kleiner Krystalle, unter denen man Labrador und Augit deutlich erkennt.

V. Melaphyr vom *Pitschberg* zwischen *Metternich* und *Theley*. Dieses Gestein hat von allen der dortigen Gegend

die gröfste Aehnlichkeit mit Basalt. Durch die Lupe erkennt man nur wenige krystallinische Theile. Einzelne kleine grünlichgelbe Puncte bestehen aus Olivin; sie erreichen aber kaum die Gröfse eines Nadelkopfs. Auf die Magnetnadel wirkt das Gestein nicht. Salzsäure entwickelt daraus Spuren von Kohlensäure, welche mit Kalk verbunden war. Die Menge des Wassers beträgt 1,87 Proc.

VI. Gestein vom *Weisselberg* bei *Oberkirchen*, welches unregelmäfsig zerklüftet ist. Es zeigt im Aeufsern mit dem Pechstein von *Meissen* eine grofse Aehnlichkeit, welche aber die Analyse keineswegs bestätigt. Auf den Magnet wirkt es nur unbedeutend. Durch Glühen verliert es 6,45 Proc., wobei sich ein starker empyreumatischer Geruch verbreitet, und sich ammoniakalische Dämpfe entwickeln.

IV. a. Das Gestein IV nach der Reduction.

V. a. Die Sauerstoffantheile im Gestein V.

VI. a. Die Sauerstoffantheile im Gestein VI.

Unter der Voraussetzung, dafs die Carbonate in den Gesteinen I, II und IV und das Eisenoxydhydrat in II Zersetzungsproducte sind, erhalten wir, wie die durch Reduction gefundenen Zusammensetzungen in I a, II a und IV a und die daraus berechneten Sauerstoffquotienten zeigen, Resultate, welche Gemengen aus Labrador und Augit sehr nahe entsprechen. Die Sauerstoffquotienten 0,647, 0,649 und 0,631 stimmen so nahe mit dem normalen, für thonerdehaltigen Augit geltenden Quotienten 0,667 überein, dafs ein solcher Augit in den genannten Gesteinen vermuthet werden kann. Auch der Kieselsäuregehalt fällt zwischen die oben (S. 630.) bemerkten Grenzen. Obgleich die Thonerde in solchen Verhältnissen vorhanden ist, dafs man sie sich zwischen Augit und Labrador getheilt denken kann, so würde es doch wünschenswerth sein, die kleinen Augitkrystalle, welche in I und II, nach der Behandlung des Gesteins mit Salzsäure, in der labradorischen Grundmasse zurückbleiben, einer besondern Analyse zu unterwerfen. Die mineralogischen und die chemischen Untersuchungen stimmen also mit einander überein, dafs die drei Gesteine I, II und IV aus Labrador und Augit bestehen. Die Gegenwart der Carbonate in I und IV zeigt, dafs ein Theil des Eisenoxyduls und der Kalkerde dieser Fossilien

in solche umgewandelt worden ist. Es ist wahrscheinlich, dafs in II zwei Umwandlungen des Eisenoxyduls statt gefunden haben: erst in Carbonat und dann in Eisenoxydhydrat. Die geringe Menge Eisenoxydul in I, II und IV spricht ganz besonders für diese Umwandlungen.

In II zeigt sich mehr Kalk, Magnesia und Natron und weniger Eisen, als in I. Vielleicht dafs in II von oben herabgekommene Gewässer Eisen abgesetzt, und dagegen etwas von den andern Basen fortgeführt haben.

In III ist der Sauerstoffquotient so grofs, dafs man nicht mehr auf ein Gemeng aus Augit und Labrador schliefsen kann; subtrahirt man indefs das Eisenoxyd von den Basen, so vermindert er sich auf 0,67 und entspricht daher einem Gemeng aus Labrador und thonerdehaltigem Augit. Bergemann hält dieses Gestein für ein Gemeng aus Labrador und Magneteisen; Augit oder Hornblende können aber doch nicht gänzlich fehlen, da, nach ihm, die glänzenden Blättchen aus diesem oder aus jenem Fossile bestehen.

Es entsteht die Frage, ob denn dieses Gestein schon ursprünglich eine von den Gesteinen I und II ganz verschiedene Zusammensetzung hatte, oder ob es durch einen Umwandlungsprocefs aus denselben hervorgegangen ist. Durch Zersetzung von Augit kann Magneteisen entstehen (S. 568 ff.) Von den andern dort angeführten Zersetzungsproducten findet sich indefs in jenem Gesteine nichts, und die grofse Festigkeit desselben spricht nicht dafür, dafs Bestandtheile des Augits durch Gewässer fortgeführt wurden, ohne dafs neue an ihre Stelle traten. Vielleicht haben eisenhaltige Gewässer Eisenoxyduloxyd im Gesteine abgesetzt und dafür andere Bestandtheile fortgeführt. Dafür würde die fortschreitende Zunahme des Eisengehaltes in I, II und III sprechen, welche im Zusammenhange mit der fortschreitenden Zersetzung zu stehen scheint. Dafs sich Magneteisen aus Gewässern absetzen kann, haben wir durch mehrere Thatsachen (S. 584) erwiesen. Man sieht, es hält schwer, sich eine genügende Vorstellung von der Entstehung eines hauptsächlich nur aus Labrador und Magneteisen bestehenden Gesteins zu machen, wenn man es nicht für eine ursprüngliche Bildung nehmen will.

In V stimmt der Sauerstoffquotient mit dem normalen,

für Labrador und thonerdehaltigen Augit geltenden völlig überein. Die Gegenwart des Olivins hätte ihn zwar etwas erhöhen müssen; zur Analyse wurden aber Stücke ausgewählt, welche von Olivin ziemlich frei zu sein schienen. Da jeden Falls dieses Fossil nur in sehr geringer Menge und Magneteisen gar nicht vorhanden war, da das geringe Brausen mit Säuren einen wenig zersetzten Zustand anzeigt: so liefsen diese Umstände eine nahe Uebereinstimmung des gefundenen Sauerstoffquotienten mit dem normalen erwarten. Die geringen Mengen Thonerde und Natron zeigen einen geringen Labradorgehalt an; denn wenn alle Thonerde diesem Fossil zugetheilt wird, so beträgt es nur 37 Proc. Sofern wir aber einen thonerdehaltigen Augit voraussetzen müssen, so ist ein Theil der Thonerde an diesen gebunden und es kommt daher die Menge des Labradors unter diese Zahl herab. Der Melaphyr vom *Pitschberg* zeichnet sich dem gemäfs durch seinen grofsen Augitgehalt aus; denn bei allen früher angeführten Gesteinen dieser Art ist der Labrador gegen den Augit bei weitem vorherrschend. Damit stimmt auch das grofse spec. Gewicht jenes Melaphyrs (2,9) überein.

In VI sinkt der Sauerstoffquotient so weit herab, dafs man nicht mehr an einen, aus Labrador und Augit bestehenden Melaphyr denken kann. Bergemann kommt unter der Voraussetzung, dafs der Hauptgemengtheil und die vielen weifsen Puncte, zum Theil mikroskopische, durchscheinende Krystalle, Albit seien, zu einer Zusammensetzung aus 81 Albit, 9,2 Hornblende und 3 Magneteisen. Das Gestein wäre demnach eine Art Diorit. Schon sein spec. Gewicht = 2,685, welches das des Albits (2,61—2,64) bedeutend übertrifft, ist einer solchen Zusammensetzung nicht günstig. Der bedeutende Glüheverlust deutet auf eine schon sehr weit fortgeschrittene Zersetzung eines Melaphyrs, der ursprünglich, wie die übrigen, aus Labrador und Augit zusammengesetzt gewesen sein kann. Bei dieser Zersetzung verband sich nicht blofs ein grofser Theil der Basen mit Kohlensäure, wie bei den Gesteinen I, II und IV, sondern die so gebildeten Carbonate wurden von den Gewässern fortgeführt; denn das Gestein braust nicht mehr mit Säuren. Der bedeutende Gehalt an Alkalien, bedeutender, als in den übrigen, von Bergemann analysirten

und zwar bei weitem weniger zersetzten Melaphyren, deutet übrigens auf eine Verdrängung eines Theils der Kalkerde und der Magnesia durch diese Alkalien.

Wenn diejenigen Geologen, welche sich mit einer Veränderung der Gesteine auf nassem Wege, ohne dafs damit eine Verwitterung verbunden ist, nicht einigen können, unsere Schlüsse in Abrede stellen: so können sie doch nicht die bedeutende Menge organischer Materie und Wassers für ursprüngliche Producte halten. Gewässer, welche Organisches mit sich führen, müssen aber aus einer Region kommen, wo Pflanzen gewachsen und untergegangen sind, und diese Region finden wir in der Dammerde, die auch die Alkalien, theils als Verwitterungsproducte des Melaphyrs, theils als Verwesungsproducte beherbergt *). Vielleicht wendet man aber

*) Oben (S. 618 ff.) haben wir schon der Kalkspathadern und mächtigen Kalkspathgänge in den Melaphyren *Rheinbaierns* gedacht. Seitdem ist hierüber ein Aufsatz von v. Dechen (Verhandl. des naturhist. Vereins der preuss. Rheinlande 1849. 2. S. 61 ff. Vgl. auch v. Leonhard in dessen Jahrb. f. Min. u. s. w. 1837. S. 641.) erchienen, worin diese überaus häufigen Schnüre, Adern, kleinen und unregelmäfsigen Gänge von Kalkspath und Braunspath, welche nach allen Richtungen hin die Melaphyre durchsetzen und sich in sichtbarer Ausdehnung gänzlich auskeilen, gleichfalls besprochen werden. Wenn solche Gänge, stellenweise 12 bis 13 F. mächtig, 900 bis 1000 Lachter weit sich fortziehen, wie der oben (S. 619) erwähnte Gang auf den *Goldgruben*: so müssen doch ganz bedeutende Quantitäten Kalk dem Melaphyr entzogen worden sein. Wie kann man sich daher wundern, Melaphyre, wie die am *Weisselberge* zu finden, in denen sich eine bedeutende Abnahme an Kalk zeigt? — Wie kann es befremden, wenn sich das Gestein in der Nähe derselben ganz zersetzt, zerreiblich, von hellgrünlich gelber Farbe und von zahllosen Kalkspathadern durchsetzt erscheint? Wie kann man wegen der Erklärung in Verlegenheit sein, wenn, wie nördlich von *Seelen*, in einem Steinbruche das Hangende eines 1 bis $1\frac{1}{2}$ Lachter mächtigen Kalkspathganges aus sehr verwitterten, kuglich abgesonderten Trapp, das Liegende aus ganz unverändertem Schieferthon besteht? — Doch es wird bald nicht mehr nöthig sein, weitere Beweise für die einzig mögliche Entstehungsart solcher Kalkabsätze aufzusuchen. Mit Vergnügen habe ich ersehen, dafs mein verehrter Freund v. Dechen einer solchen Ansicht beitritt.

ein, dafs ein Gestein, welches so viel von seinen Basen verloren haben soll, nicht dicht, wie das vom *Weisselberg*, sondern sehr porös sein müsse. Der in diesem Gesteine gegen die Melaphyre vorhandene Kieselsäure-Ueberschufs kann eine Folge der fortgeführten Basen sein, in welchem Falle allerdings eine Abnahme der Dichtigkeit hätte stattfinden müssen. Er kann aber auch durch Gewässer zugeführt worden sein und zwar durch dieselben Gewässer, welche die Basen fortgeführt haben, und dann ist es denkbar, wie die dichte Beschaffenheit des Gesteins nicht nur nicht abnehmen, sondern sogar zunehmen mufste. Schwerlich wird es nöthig sein, hierbei an die so häufigen Verkieselungen des Nebengesteins der Gänge zu erinnern. Sollten indefs dafür noch ultraplutonische Reminiscenzen vorhanden sein, so wird doch bei der Umwandlung des Holzes in Opal, wobei sich die dichte Beschaffenheit des ersteren so aufserordentlich steigert, gewifs Niemand an einen andern, als den nassen Weg denken. Was aber hier wirklich ist, ist dort möglich und in hohem Grade wahrscheinlich. Dafs am *Weisselberg* Kieselsäure-haltige Gewässer geflossen sind, beweisen die zahlreichen und zum Theil sehr massigen kieseligen Bildungen in den Drusenräumen und in Spalten, die sich oft auf weite Strecken verfolgen lassen. Ebenso aber wie in leeren Räumen, werden diese Gewässer auch im Gesteine selbst Kieselsäure abgesetzt haben, besonders nachdem diese Räume damit erfüllt waren. So mag es geschehen sein, dafs grofse Massen der ehemaligen Oberfläche des *Weisselbergs* durch gänzliche Zersetzung die Kieselsäure geliefert haben, welche wir dermalen im Gestein im Ueberschusse finden.

An die Melaphyre reihen sich die Dolerite und die augitischen Laven, die hier folgen.

	I	Sauerst.	II	Sauerst.
Kieselsäure	51,407	26,69	53,88	27,98
Thonerde	12,283	5,74	12,04	5,63
Eisenoxydul . . .	16,342	3,63	9,25	2,05
Manganoxydul . .	1,594	0,36	—	
Kalkerde	9,334	2,65	7,96	2,26
Magnesia	5,828	2,26	8,83	3,42
Natron	1,726	0,44	} 4,76	1,22
Kali				
Wasser und flüchtige Theile . .	1,056		2,78	
	99,570	15,08	99,50	14,58
		0,565		0,521

	III	Sauerst.	IV	Sauerst.
Kieselsäure . . .	45,20	23,47	53,12	27,58
Thonerde	14,40	6,73	6,14	2,87
Eisenoxydul . . .	14,00	3,11	17,65	3,92
Kalkerde	12,70	3,61	9,89	2,81
Magnesia	6,55	2,54	6,66	2,58
Natron	5,22	1,34	1,33	2,58
Kali	—		1,83	0,34
Wasser	2,40		1,93	0,31
Schwefelsäure . .			0,86	
	100,47	17,33	99,41	12,83
		0,738		0,465

I. Dolerit von *Island* nach Auerbach's Analyse *).

II. Dolerit von *Strombolino*, von einer an der nordöstlichen Spitze von *Stromboli* aus der Tiefe aufsteigenden Felswand, in schöner, dem Basalte ähnlicher säulenförmiger Absonderung, nach Abich's Analyse **). Man hat diesen Do-

*) Rammelsberg's Handwörterb. Abth. I. S. 198.

**) Geol. Beob. über die vulk. Erscheinungen und Bildungen in Italien. 1841. S. 620.

lerit lange für Basalt gehalten. Er ist dunkel schwarzgrau, sehr dicht, feinkörnig und schliefst viele kleine, aber sehr deutliche Labradorkrystalle ein. Er wirkt auf die Magnetnadel.

III. Dolerit von *Fifeshire* nach Drysdale *).

IV. Dolerit von unbekanntem Fundorte, nach Wrightson **).

	V. a.	V. b.	Sauerst.
Kieselsäure	47,75	50,57	26,26
Thonerde	18,87	19,98	9,34
Eisenoxydul	1,12	15,49	3,44
Magneteisen, titanhalt. . .	8,93		
Kalkerde	7,77	9,85	2,80
Magnesia mit etwas Manganoxydul	1,25	1,32	0,30
Natron mit wenig Kali . .	2,63	2,79	0,72
Kohlens. Eisenoxydul . .	8,57		
Kohlensaure Kalkerde . .	2,72		
	99,61	100,00	16,60
			0,632

	VI. a.	VI. b.	Sauerst.
Kieselsäure	35,01	40,94	21,26
Thonerde	12,10	14,15	6,61
Eisenoxydul	3,96	20,43	4,53
Magneteisen	3,61		
Kalkerde	11,01	17,30	4,92
Magnesia	4,78	5,59	2,17
Natron mit wenig Kali . .	1,36	1,59	0,41
Kohlens. Eisenoxydul . . .	21,01		
Kohlensaure Kalkerde . .	6,74		
	99,58	100,00	18,64
			0,877

*) Edinb. New philos. Journ. 1833. XV. 386.

**) Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. LIV. S. 536.

V. a. Dolerit vom *Meifsner*. Diesen hat man schon oft als den Typus eines wahren Dolerits aufgeführt; daher hat seine von Bergemann ausgeführte Analyse ein besonderes Interesse. Auf die Magnetnadel wirkt er stark. Mit Säuren entwickelt er Kohlensäure, die mit Eisenoxydul und Kalk verbunden war. Der Rückstand von dieser Behandlung ist ein Gemeng aus vielem blendend weifsen Labrador mit wenig schwarzem Augit. Sein Wassergehalt von 1,89 Proc. und die Kohlensäure zeigen seinen zersetzten Zustand genügend an.

V. b. Der vorige nach der Reduction.

VI. a. Doleritartiges Gestein zu *Aulgasse* bei *Siegburg*. Dieses grauschwarze und grobkörnige Gestein bildet ein ziemlich gleichförmiges Gemeng schwarzer und grüner Theilchen, von denen die letzteren in einzelnen Flächen fettglänzend und durchscheinend sind. Vom Magnet werden nur einzelne Körnchen des Pulvers angezogen. Zur Verwitterung scheint das Gestein sehr geneigt zu sein, wobei es eine gelbliche oder bräunliche Farbe annimmt. Säuren entwickeln aus ihm sehr viel Kohlensäuregas. Nach dieser Behandlung bleibt eine grau oder weifs gefleckte Masse zurück, deren einzelne Theile ziemlich gleichmäfsig und sehr innig mit einander gemengt sind. Sie ist äufserst porös, woraus hervorgeht, dafs die Carbonate nicht innig und gleichförmig mit der ganzen Masse des Gesteins gemengt sind. Bergemann *).

VI. b. Dasselbe Gestein nach der Reduction.

	VII.		VIII.	Sauerst.
Kieselsäure . . .	48,83	25,35	50,25	26,09
Thonerde	16,15	7,55	13,09	6,08
Eisenoxydul . . .	16,32	3,62	10,55	2,34
Manganoxydul . .	0,54	0,12	0,38	0,08
Kalkerde	9,31	2,65	11,16	3,17
Magnesia	4,58	1,77	9,43	3,65
Natron	3,45	0,89	4,92	1,26
Kali	0,77	0,13		
	99,95	16,73	99,78	16,62
				0,637

*) A. a. O. S. 36.

VII. Lava vom *Aetna*, vom Strome, welcher 1669 einen grofsen Theil von *Catanea* zerstörte, nach Löwe *).

VIII. Lava von *Stromboli* vom Boden des Kraters, nach Abich **).

	IX	Sauerst.
Kieselsäure	51,87	26,93
Thonerde	15,30	7,15
Eisenoxydul . . .	11,40	2,53
Manganoxydul . . .	0,60	0,13
Kalkerde	7,46	2,12
Magnesia	8,66	3,35
Natron	3,90	1,00
Kali	0,85	0,14
	100,04	16,42
		0,610

IX. Sehr feinblasige und leichte Schlacke von der Insel *Ferdinandia*, welche im J. 1831 in der Mitte zwischen *Sciacca*, südwestlich von *Sicilien*, und dem Eilande *Pantellaria* aufgestiegen ist, aber nach vier Monaten wieder von den Wellen zerstört wurde, nach Abich ***).

In den Doleriten I und II ist die Sauerstoffmenge der Basen geringer als $\frac{2}{3}$ und gröfser als $\frac{1}{2}$ von der Sauerstoffmenge der Kieselsäure. Man möchte daher schliefsen, dafs beide nur thonerdefreie Augite enthalten. Von I fehlt die nähere Beschreibung; wir können daher über seine Zusammensetzung keine weiteren Vermuthungen wagen. Von II wissen wir, dafs er Labrador und Magneteisen enthält. Sollte letzteres eine spätere Ausscheidung und die ihm entsprechende Kieselsäure noch in der Masse des Gesteins vorhanden sein: so gehört sein Sauerstoff zu dem der Basen. Im entgegengesetzten Falle käme er in Abzug und dann würde der

*) A. a. O.

**) A. a. O. S. 122.

***) A. a. O. S. 74.

Sauerstoff der Basen wenig von dem der halben Menge der Kieselsäure differiren. Dieses Verhältnifs ist aber mit den vielen Labradorkrystallen nicht in Uebereinstimmung zu bringen. Es bleibt daher keine andere Vermuthung übrig, als dafs dieses Gestein im Laufe der Zeit schon von seinen Basen verloren hat, wofür auch die bedeutende Menge flüchtiger Bestandtheile spricht. Abich's Angabe, dafs dieser Dolerit aus 41 Proc. Labrador und 59 Proc. Augit bestehe, mufs auf einem Rechnungsfehler beruhen, der darin Entschuldigung findet, dafs das Natron nur aus dem Verluste berechnet wurde.

In den Gesteinen III und IV finden sich Sauerstoffverhältnisse, die sich mit einem Gemenge aus Labrador und Augit nicht vereinigen lassen; denn in III ist der Sauerstoff mehr als $\frac{2}{3}$ und in IV weniger als $\frac{1}{2}$ von dem der Kieselsäure. Beide sind entweder gar keine oder höchst zersetzte Dolerite, von denen III viel von seiner Kieselsäure und IV viel von seinen Basen verloren haben müfste. Da die weiter unten folgenden Analysen frischer und zersetzter Basalte von Ebelmen darthun, dafs bei Zersetzung derselben bald Kieselsäure, bald Basen aus der Mischung treten: so ist nicht zu bezweifeln, dafs auch bei den Doleriten dieselben verschiedenartigen Zersetzungsprocesse von Statten gehen können.

Die nach der Reduction des Dolerits vom Meifsner erhaltene Zusammensetzung V. b und das derselben entsprechende Sauerstoffverhältnifs entspricht fast ganz genau einem Gemenge aus Labrador und thonerdehaltigem Augit. Selbst wenn nicht durch Zersetzung des Augits das Magneteisen entstanden sein sollte, und daher dessen Sauerstoff von dem der Basen in Abzug zu bringen wäre: so würde diefs jenes Mengungsverhältnifs doch nicht bedeutend alteriren.

Dieser Dolerit ist oft mit dem Gestein vom *Schaumberg* (S. 660.) verglichen worden, und in der That es zeigt sich einige Aehnlichkeit zwischen beiden, wenn man die reducirte Zusammensetzung beider mit einander vergleicht.

Es ist von ganz besonderem Interesse, dafs die Lava vom *Aetna* (VII) genau mit der Zusammensetzung eines Gesteins übereinstimmt, welches aus nichts anderem, als aus Labrador und thonerdehaltigem Augit besteht, da in dieser Lava, ausser deutlichen Labrador- und Augitkrystallen, nur

sparsam kleine Olivinkörner eingewachsen sind S. 629). In dem zur Analyse verwendeten Stücke scheint übrigens kein Olivin enthalten gewesen zu sein; denn im Auszuge durch Salzsäure fand sich keine Magnesia. Sofern indefs diese Lava, wie die vom *Val di Bove*, etwas Magneteisen enthalten, und dieses nicht von einer spätern Zersetzung des Augits herrühren sollte: so würde dadurch der Sauerstoffquotient 0,66 etwas kleiner werden *).

Schon Abich **) machte aufmerksam auf die grofse Aehnlichkeit in den physikalischen Merkmalen zwischen den heutigen Laven vom *Aetna* und den dunkeln Gesteinen der oberen Thalränder des *Val di Bove* am *Aetna*, welche häufig

*) Diese Analyse zeigt recht auffallend, wie das Verfahren einer gesonderten Zerlegung des gelatinirenden und des nicht gelatinirenden Antheils, weit entfernt, die Kenntnifs der Zusammensetzung einer gemengten Gebirgsart zu erleichtern, sie vielmehr in einem sehr hohen Grade erschwert, ja sogar unmöglich machen kann. Aus dem Obigen haben wir ersehen, mit welcher grofsen Bestimmtheit auf die Gemengtheile dieser, auch auf mineralogischem Wege bestimmbaren Lava aus den Resultaten ihrer Analyse, wenn man sie als ein Ganzes betrachtet, geschlossen werden kann. Früher (S. 629) wurde schon gezeigt, wie die gesonderte Zerlegung des gelatinirenden und des nicht gelatinirenden Antheils, insbesondere bei der Lava, ganz zwecklos ist. Diefs scheint auch Löwe gefühlt, ja seine Arbeit für eine undankbare gehalten zu haben; denn nach seiner Aeufserung sollen seine sämmtlichen Analysen kein solches Resultat geben, woraus sich auf die Zusammensetzung der Lava richtig schliefsen lassen dürfte, indem es wahrscheinlich sei, dafs nicht ein Gemengtheil allein an der Auflöslichkeit in Säuren Theil nimmt, und dafs defshalb die Bestandtheile eines jeden für sich nicht angegeben werden können. Durch die Zusammensetzung des gelatinirenden und nicht gelatinirenden Antheils ist daher Löwe irre geführt worden, und sie haben ihn ohne Zweifel verhindert, die schönen Resultate zu ziehen, welche sich aus seiner Analyse, wenn man die Lava als ein Ganzes betrachtet, wirklich ziehen lassen.

Abich berechnete übrigens schon aus Löwe's Analyse die Zusammensetzung der Lava, wonach dieselbe ein inniges Gemeng von 54,80 Proc. Labrador, 34,16 Augit, 7,98 Olivin und 3,06 Magneteisen ist.

**) A. a. O. S. 120 ff.

ein inniges, sehr gleichmäfsiges Gemeng von Labrador und Augit enthaltend, und lebhaft auf die Magnetnadel wirkend, sich als unzweifelhafter Dolerit characterisiren. Auch in einer Lava, wie sie sich in den tieferen Theilen eines im August 1838 langsam über den Thalrand des *Val di Bove* hinabgeflossenen zähen Stromes darstellt, erscheinen Labrador und Augit, obgleich in weniger ausgebildeter Form und nur in kleinen Krystallen in der dunkelschwarzgrauen, sehr dichten und porösen Grundmasse. Auf die Magnetnadel wirkt sie nur mäfsig. Aus der Uebereinstimmung des specif. Gewichts und des Kieselsäuregehaltes der *Aetna*-Laven schliefst Abich auf die Aehnlichkeit ihrer Zusammensetzung. Er fand nämlich

	das spec. Gewicht	den Kieselsäuregehalt
des Dolerits von den obern Thalrändern des *Val di Bove*	2,8565	49,94
der Lava von 1838	2,9407	48,98

deren Kieselsäuregehalt mit dem Obigen, nach Löwe's Analyse, sehr nahe übereinstimmt.

In der Lava von *Stromboli* (VIII) findet sich gleichfalls das Sauerstoffverhältnifs ziemlich nahe übereinstimmend mit demjenigen, welches ein Gemeng aus Labrador und thonerdehaltigem Augit voraussetzt. Schon diefs zeigt die Aehnlichkeit mit der Lava vom *Aetna.* Aber auch im Aeufsern gleichen diese Laven denen von *Stromboli* bis zur Verwechslung, wenn gleich letztere im Ganzen in einer noch dichteren und basaltartigeren Grundmasse weniger Labrador, aber mehr Augit enthalten. Die flüssigen Massen, welche sich von Zeit zu Zeit über den Kraterrand emporheben und in Form kleiner unzusammenhängender Lavaströme den steilen Abhang des Eruptionskegels hinabstürzen, sind gleichfalls wahre Dolerite.

Auch in der Lava von *Ferdinandia* (IX) nähert sich das Sauerstoffverhältnifs ziemlich dem, welches einem Gemenge aus Labrador und thonerdehaltigem Augit entspricht.

Es ist von besonderer Wichtigkeit, dafs gerade in den Laven, und besonders in denen des *Aetna*, das Sauerstoffverhältnifs eines wahren Dolerits, d. h. eines Gesteins, dessen Haupt-

gemengtheile Labrador und thonerdehaltiger Augit sind, am reinsten hervortritt. Je mehr es sich freilich vom normalen Sauerstoffquotienten, von der Zahl 0,66, entfernt, wie in den beiden letzten, desto mehr mufs man die Gegenwart anderer fremder Beimengungen vermuthen. Die Frage, warum dieses Verhältnifs gerade in den Laven sich findet, beantwortet sich von selbst; denn vulkanische Producte, welche ein so jugendliches Alter haben, deren höchstes, das der *Aetna*-Lava, nur 180 Jahre ist, bewahren noch die ursprüngliche Mischung ihrer Gemengtheile. Wenn diese Laven einst das Alter der Doleritberge erreicht haben werden: so wird sich ihre Zusammensetzung eben so wie in diesen verändert haben, und es wird dann gleich schwierig werden, ihre ursprüngliche Zusammensetzung zu ermitteln. Ist es etwa ein Zufall, dafs diejenigen doleritischen Gesteine, die Laven, welche sich am wenigsten oder gar nicht verändert zeigen, wasserfrei sind, während die doleritischen Gebirgsgesteine um so mehr Wasser enthalten, je mehr sie von ihrer ursprünglichen Zusammensetzung abweichen? — Wie Geologen, welche sich von eingewurzelten Vorurtheilen losgerissen haben, diese Frage beantworten, wissen wir; diejenigen aber, welche diese Vorurtheile mit in's Grab zu nehmen entschlossen sind, können wir nicht bekehren. Jene werden auch begreifen, wie man bei einem, mit Säuren stark brausenden Dolerit, wenn man nur das, was aus der Atmosphäre hinzugekommen ist, subtrahirt, approximativ auf seine ursprüngliche Zusammensetzung kommen kann, vorausgesetzt, dafs von den mineralischen Bestandtheilen weder viel verloren gegangen noch viel hinzugekommen ist. So scheint es sich aber wirklich mit dem Dolerit vom Meifsner zu verhalten, der unter allen übrigen doleritischen Gebirgsgesteinen dem normalen Sauerstoffverhältnifs am nächsten kommt.

Auf die Lava vom *Vesuv*, welche sich wesentlich von den Laven vom *Aetna*, von *Stromboli* und *Ferdinandia* durch ihren Leucit unterscheidet, kommen wir in einem späteren, diesem Fossile gewidmeten Kapitel.

Schliefslich führen wir noch, als ein Beispiel eines sehr veränderten augitischen Gesteins, einen Melaphyr aus einem Gange im Muschelkalk bei *Gnettstadt* im *Steigerwalde* an,

welchen v. Bibra untersucht hat. Das fast graue Gestein *) erscheint hier dunkelgrün, fast schwarz, mit einzelnen dunkelrothen Flecken, braust mit Säure nur schwach, stellenweise fast gar nicht. Es enthält in einer schwarzen Grundmasse Augit, Hornblende und Kalkspath, und besteht aus:

		Sauerstoff.
Kieselsäure . .	29,85	15,50
Thonerde	9,22	4,31
Eisenoxyd . .	15,14	4,54
Kalkerde . . .	3,54	1,01
Magnesia . . .	2,25	0,87
Chlornatrium .	0,99	
Kohlens. Kalkerde	21,30	
Kohlens. Magnesia	14,41	
Schwefelsäure .	Spur	
Wasser . . .	4,30	
	101,00	10,73
		0,692

Die geringe Menge Kieselsäure, die gänzliche Abwesenheit der Alkalien, die bedeutende Menge der Carbonate und des Wassers, der Umstand, dafs Salzsäure 78 Proc. des Gesteins zersetzte, deuten auf eine sehr bedeutende Veränderung, welche vorzugsweise den Labrador, wenn das Gestein wirklich Melaphyr war, betroffen hat. Die grofse Menge Kalkerde und Magnesia, welche sich nach der Reduction ergiebt, und die viel mehr beträgt, als in irgend einem der obigen Melaphyre, läfst übrigens schliefsen, dafs der gröfste Theil dieser Erden nicht von einer Zersetzung ihrer Silicate herrühren kann, sondern durch Gewässer aus dem Muschelkalke zugeführt worden sein mufs. Dafür spricht auch, dafs zwischen den Schichten des aufgerichteten Muschelkalkes kugelförmige Absonderungen von Arragonit, bisweilen von Faustgröfse, und hier und da auch Kalkspath vorkommen. Zieht man daher die Carbonate als von aussen hinzugekommen ab,

*) An welchen Stellen es so erscheint, ist nicht angeführt.

so erhält man einen Sauerstoffquotient, der zwar einem normalen Melaphyr sich nähert, aber voraussetzt, dafs das Gestein 40 Proc. Carbonate aufgenommen, und mithin nahe eben so viel von seinen Bestandtheilen verloren haben müsse. Die Carbonate scheinen den Labrador verdrängt zu haben: eine Annahme, welche in der Umwandlung des Feldspaths in kohlensaure Kalkerde (S. 298) einige Begründung finden würde; denn nach neuen, von mir angestellten Untersuchungen fand hier wirklich eine theilweise Verdrängung des Feldspaths durch kohlensaure Kalkerde statt.

Wenn wir uns hier in mancherlei Voraussetzungen verloren haben, so geschah es, um zu zeigen, wie Analysen solcher veränderten Gesteine an sich kein Interesse haben können, sofern nicht auf Umstände, wie die angedeuteten, Rücksicht genommen wird, was freilich von demjenigen, der die geognostischen und chemischen Verhältnisse untersucht, besser geschieht, als von einem Anderen, der das Vorkommen nur aus der Beschreibung kennt.

Kap. VII.

Olivin.

Ehe wir zur speciellen Betrachtung des Basalts übergehen, haben wir uns mit dem Olivin, mit diesem im Basalt und in basaltischen Laven so häufigen Gemengtheil zu befassen.

Der Olivin, wie der orientalische Chrysolith ist ein Drittelsilicat der beiden isomorphen Basen Magnesia und Eisenoxydul. Die basaltischen Olivine zeigen eine auffallende Uebereinstimmung in dem Gehalte dieser beiden Basen, so daſs die nachstehende theoretische Zusammensetzung sehr nahe der der bis jetzt analysirten Olivine entspricht.

Kieselsäure	11	At.	=	41,19
Magnesia	30	„	=	50,27
Eisenoxydul	3	„	=	8,54
				100,00

In einigen Olivinen, namentlich vom *Monte Somma*, aus dem Basalte von *Langeac* (Dep. *Haute-Loire*) von *Grönland*, fällt die Menge der Magnesia unter, und die des Eisenoxyduls über die der theoretischen Zusammensetzung, ohne daſs sich die Menge der Kieselsäure verändert; im Hyalosiderit vermindert sich aber letztere bedeutend.

Die Kalkerde fehlt dem Olivin. Nach Scacchi *) findet sich jedoch in den Kalkblöcken des *Monte Somma* ein sehr hellgelber, kalkhaltiger Olivin von der Form des gewöhnlichen, aber minder hart und durch Säuren leicht zersetzbar.

*) Ann. des Mines IV. Ser. III. P. 380.

Aehnlich diesem ist das von Breithaupt Batrachit benannte Fossil vom *Rizoniberge* im südlichen *Tyrol*, welches nach Rammelsberg *) 35,45 Proc. Kalkerde und nur 2,99 Proc. Eisenoxydul enthält. Es ist ein Drittelsilicat und nähert sich in seiner Mischung dem Olivin.

Nach Stromeyer ist Nickel ein constanter Bestandtheil der Olivine (0,32—0,37 Proc.); Chrom konnte er nicht darin finden. Walchner **) glaubt aber etwas Chrom in allen nachgewiesen zu haben. Berzelius ***) entdeckte in einem Olivin von *Boskowich* bei *Aussig* und aus einer Lavamasse im Dep. *Puy de Dôme* Zinnoxyd mit Kupferoxyd, welche beide jedoch noch nicht 0,2 Proc. betrugen.

Die Anwesenheit dieser Metalle in einem so verbreiteten ursprünglichen Fossile ist sehr interessant und giebt einen Wink, wie durch dessen Zersetzung den Erzgängen diese Metalle geliefert werden können. Um so interessanter ist diefs, da Berzelius †) auch im Bitterwasser von *Saidschütz* eine Spur von Zinn- und Kupferoxyd aufgelöst gefunden hat, und da dieses Wasser aus einem verwitterten vulkanischen Gestein, dessen Olivine die in diesem Wasser enthaltene Magnesia zu liefern scheinen, entspringt.

Der Olivin wird von Schwefelsäure und Salzsäure ††) vollkommen zersetzt und bildet damit eine Gallerte.

Er ist von allen Gemengtheilen der eigentlichen Basalte der am meisten characteristische †††). Viele Dolerite enthalten ihn dagegen sparsamer und selten ausgezeichnet. Den grobkörnigen krystallinischen Doleriten scheint er ganz fremd; so wie aber das Gemeng feiner wird, zeigt er sich zuerst in einzelnen Körnchen, aber häufiger, je mehr das Gestein dem wahren Basalte sich nähert. Gewisse Dolerite, so u. a. man-

*) Poggend. Annal. Bd. LI. S. 446.

**) Schweigg. J. Bd. XLVII. S. 119.

***) Poggend. Annal. Bd. XXXIII. S. 134.

†) Ebendas. Bd. XLVIII. S. 150.

††) Berzelius in dessen Jahresb. Bd. XV. S. 217.

†††) Den basaltischen Felsarten der *Faröer* fehlt der körnige Olivin, nach Forchhammer, gänzlich; dagegen kommen einzelne eingewachsene Olivinkrystalle auf *Tindholm* vor.

che *Isländische*, ferner die gewaltigen Blöcke auf *Ile-de-France* führen öfter Olivin, andere besonders den eisenreichen Hyalosiderit. Der Wacke fehlt der Olivin in der Regel; er verschwindet selbst da, wo sie unmittelbar an Basalt grenzt, wahrscheinlich defshalb, weil er in ihr gänzlich verwittert ist. Indefs gedenkt Freiesleben deutlicher Olivinkörner auf einem Wackengange *). Die gröfsten Olivinmassen sind den basaltischen Conglomeraten besonders eigen; allein v. Leonhard sah u. a. in den dichten Basalten von *Rentières* in *Auvergne* Zusammenballungen aus Olivinkugeln von Kopfgrösse. Im *Unkler* Basalt finden sich Olivinmassen von 6 Zoll Durchmesser u. s. w. **). Die Lavaströme auf *Lancerote* und in der *Eifel* sind besonders reich an Olivin. Südwestlich von *Dockweiler*, im Walde, findet sich eine Basaltlava in sehr grofsen Blöcken, worin Olivin und besonders grofse Augitkrystalle so zahlreich sind, das die Grundmasse manchmal nur den geringeren Gemengtheil ausmacht. Ausgezeichnet ist das Vorkommen der Olivinkugeln in der südöstlichen Umwallung des *Dreiser Weihers*, wo sie sowohl frei als in vulkanischem Sande in sehr grofser Menge liegen.

Diese Olivinkugeln sind von einer mehr oder weniger dicken Lavarinde umgeben, welche nicht selten Thonschiefer oder Grauwackenbruchstücke einschliefst. Ich habe wohl an hundert solcher Kugeln durchgeschlagen; aber nie im Innern, in der Olivinmasse, solche Bruchstücke gefunden.

Es kann nicht im mindesten bezweifelt werden, dafs diese Olivinkugeln Auswürflinge aus einem erloschenen Krater sind. Sie können indefs im geschmolzenen Zustande nicht ausgeworfen worden sein; denn es ist nicht denkbar, dafs sie, wenn sie noch flüssig oder auch nur weich gewesen wären, in der kurzen Zeit ihres Durchfliegens durch die Atmosphäre zu einer körnigkrystallinischen Masse hätten erstarren können. Wären sie aber beim Niederfallen noch weich gewesen, so hätten sie, wie die vulkanischen Bomben am *Vesuv* ***), platt gedrückt werden müssen; in diesen Formen

*) Mag. f. d. Oryktogr. von Sachsen. H. I. S. 7.

**) v. Leonhard die Basaltgebilde. Abth. I. S. 199 ff.

***) Nach Breislack's Zeugnifs sind diese Auswürflinge beim Nie-

finden sie sich jedoch nicht. Es giebt Kugeln von kaum 2 Zoll bis zu 12 Zoll Durchmesser. Jene hätten vielleicht während ihres Durchfliegens, wenn sie einen langen Bogen beschrieben haben sollten, erstarren können; diese aber würden ohne Zweifel noch im weichen Zustande niedergefallen sein, sofern sie als geschmolzene Massen ausgeschleudert worden wären *). Es müſste sich dann ein Unterschied im körnigkrystallinischen Zustande zwischen den kleinen und groſsen Kugeln zeigen: jene würden keine Spur von krystallinischer Bildung, diese vielleicht einen Anfang von solcher zeigen. Ein solcher Unterschied findet aber nicht statt: die kleinen, wie die groſsen erscheinen gleich körnigkrystallinisch.

Der Olivin gehört zu den strengflüssigsten Fossilien. Nach Klaproth's Versuchen **) sinterten im Porcellanofen die

derfallen noch so weich, daſs sie sich platt drücken, und L. v. Buch fand, daſs sie, vorsichtig angefaſst, noch geknetet und gebogen werden können. Solche Auswürflinge runden sich aber am untern Ende ab, und nehmen am obern langgezogen die Gestalt von birnförmigen Tropfen an. Solche Gestalten zeigen jedoch die Olivinkugeln nie; sie nähern sich immer mehr oder weniger der Kugelform.

*) Vergl. meine Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers, S. 502. Auf den Grund der Erstarrungs- und Erkaltungszeit einer geschmolzenen, 2 Fuſs dicken Basaltkugel, und bei Vergleichung dieser mit den, der Mehrzahl nach viel kleineren sogenannten vulkanischen Bomben, wie sie sich am *Laacher-See* finden, und die sich häufig durch ihren Reichthum an krystallinischen Fossilien auszeichnen, fällt es, bemerkte ich, sogleich in die Augen, daſs diese unmöglich zur Zeit ihres Auswurfs noch geschmolzen oder auch nur erweicht gewesen sein konnten. Auſserhalb des Vulkans, der Erkaltung von der Schmelzhitze an ausgesetzt, hätten in ihnen eben so wenig krystallinische Bildungen entstehen hönnen, wie in jener Basaltkugel. Auswürflinge mit solchen krystallisirten Bildungen rühren daher ohne Zweifel von Massen her, die sich schon im Innern des Vulkans durch eine äuſserst langsame Abkühlung lange vor der Zeit ihres Auswurfs gebildet haben, die aber während desselben durch die Expansivkräfte ihren Weg durch die flüssige Lava nahmen, und also wohl im glühenden, aber gewiſs schon im ganz festen Zustande emporgeschleudert wurden u. s. w.

**) Beiträge u. s. w. Bd. I. S. 22.

Olivine aus *Grönland*, vom *Habichtswalde* und von *Rittersdorf* in Thontiegeln nur etwas zusammen: die Körner waren schwarz, undurchsichtig, zartglasirt, zusammengebacken und an den Wänden des davon stark angegriffenen Tiegels angeschmolzen. Der Olivin von *Unkel* schmolz zu einer grünlichen, glänzenden, strahligkrystallinischen und etwas porösen Masse. Lava vom *Vesuv* schmolz dagegen in demselben Feuer zu einem dichtgeflossenen, bräunlichschwarzen Glase. War daher die Lava, aus welcher die Olivinkugeln des *Dreiser Weihers* geschleudert wurden, nicht weit über ihrem Schmelzpunkte erhitzt: so konnten diese in ihr nicht im geschmolzenen Zustande vorhanden gewesen sein. Hatte sie, wie die vom *Vesuv*, ungefähr eine Temperatur von 1000° *): so möchte diese Temperatur wenigstens 300°, wahrscheinlich aber noch mehr, unter der Schmelzhitze des Olivins liegen.

Wenn alle Verhältnisse zu dem Schlusse führen, dafs die Olivinkugeln in der Lava im festen Zustande vorhanden waren: so konnten sich in das Innere derselben keine Thonschiefer- und Grauwackenbruchstücke einkneten. Wohl aber ist das Vorkommen derselben in der Lavarinde einzusehen, mögen sie in der flüssigen Lava schon vorhanden gewesen sein, oder sich beim Niederfallen erst an die noch weiche Lava angeklebt haben. Die Thonschieferbrocken, welche sich in den schlackigen Massen, wie z. B. an den Kratern des *Mosenbergs*, an der *Falkenley* etc. so häufig finden, waren gewifs schon in diesen Massen, als sie sich noch in den Kratern befanden; denn man trifft sie im Innern, wie im Aeufsern derselben an. So mag es sich wohl auch mit den in der Lavarinde der Olivinkugeln eingekneteten Brocken verhalten. War die Lava nicht heifs genug, den Thonschiefer zu schmelzen, oder war sie selbst nicht im Stande, als Flufsmittel zu wirken: so konnte auch nicht der Olivin geschmolzen gewesen sein; denn beide werden so ziemlich gleiche Strengflüssigkeit besitzen.

Was von den Olivinkugeln gilt, dürfte auch von den grofsen Olivinmassen in den benachbarten Lavablöcken bei *Dockweiler* und von den, von L. v. Buch in Obsidianströ-

*) Wärmelehre. S. 268.

men bei *Icod de los vinos* auf *Teneriffa* gefundenen Olivinkörnern gelten.

Die Olivinmassen des Lavastroms von *Tinguaton*, welche sehr häufig und so grofs und schön sind, wie die vom *Weifsenstein* bei *Cassel*, stehen höchst auffallend wie Knöpfe über der Oberfläche der Lava hervor. Nach v. Buch's *) Ansicht waren sie als nicht zerschmolzene Massen durch die Viscosität der ihnen anhängenden Lava zurückgehalten worden, als das Umgebende tieferen Orten zuflofs. Im Lavastrom gegen *Sobaco* **) verliert sich der Olivin um so mehr, je weiter man gegen das Ende der Eruptionsreihe kommt. Zuletzt findet man ihn nur sparsam, und in den äufsern, von den Kegeln entferntesten Strömen gar nicht mehr, als sei er im Fortlaufen des Stroms aufgelöst worden. Diefs und das sonderbare Vorkommen des Olivins in der Lava bei *Tinguaton* auf den Spitzen der Zacken spricht also ebenfalls für die Präexistenz dieser Olivinmassen in ihr.

Für diese Präexistenz haben wir daher einen sehr gewichtigen Gewährsmann an L. v. Buch. Welche Ursachen liefsen sich auch finden, dafs sich nur am Anfange, nicht aber am Ende des Stroms, grofse Massen ausgeschieden hätten? — Wollte man annehmen, die Lava habe sich während ihres Strömens so weit abgekühlt, und sei so dickflüssig geworden, dafs nur noch kleine Massen gebildet wurden: so setzt diefs eine ziemlich schnelle Erkaltung voraus. Dann würde es aber schwierig sein, sich die Bildung kopfgrofser Massen zu denken, wozu doch jedenfalls viele Zeit erforderlich gewesen wäre. Sollte nicht die Erklärung einfacher sein, dafs schon im Krater die vorhanden gewesenen gröfseren, festen Olivinmassen in unteren, die kleineren in oberen Schichten eingeknetet waren? — Man hätte für diese Annahme die Analogie mit wässrigen Flüssigkeiten, worin die suspendirten gröberen Theilchen eines festen Körpers gleichfalls die unteren, die feineren die oberen Schichten einnehmen, und woraus beim Fortfliefsen jene sich früher als diese absetzen. Das specif. Gewicht des Olivins ist 3,3 — 3,44, das der Lava 2,6 — 2,7.

*) Physikal. Beschreibung der canarischen Inseln S. 303.

**) Ebend. S. 306.

Dieser Unterschied ist grofs genug, ein tieferes Niedersinken der gröfseren als der kleineren Olivinkugeln zu bewirken, sofern die Lava, wie im Krater vorauszusetzen ist, gehörig dünnflüssig ist.

Eine flüssige Masse, wie Lava, die sowohl im Krater als beim Ausfliefsen in beständiger Bewegung ist, mufs als eine gleichförmige betrachtet werden. Man kann daher nicht annehmen, dafs sie an einer Stelle reicher an Magnesia, als an einer anderen ist. So müfste es aber sein, wenn locale Bildungen von Olivin erfolgen sollten. Es müfsten gleichsam die Bestandtheile dieses Fossils neben einander liegen, ohne sich mit einander zu verbinden; denn so wie sie sich verbinden, würde sogleich eine Ausscheidung von Olivin stattfinden, wenn nicht die Lava eine viel höhere Hitze hätte, als man sie bis jetzt an Lavaströmen beobachtet hat.

Eine Lava, wie die vom *Aetna*, enthält 4,58 Proc. Magnesia. Diese Menge würde zur Bildung von 9,11 Proc. Olivin hinreichen. Abstrahiren wir, der einfacheren Darstellung wegen, von der ungleichen Dichtigkeit der Lava und des Olivins: so würden also 100 Cubikfufs einer solchen Lava 9 Cubikfufs Olivin liefern, wenn jener alle Magnesia zur Bildung von diesem entzogen würde. Die Cubikwurzeln aus 100 und 9 sind 4,64 und 2,08. Zur Bildung einer Olivinkugel von 10 Zoll Durchmesser wäre also eine Lavamasse von 22 Zoll Durchmesser unter den angenommenen Bedingungen erforderlich. Denkt man sich einen Punct in der flüssigen Lava als Mittelpunct einer sich bildenden Olivinkugel von 5 Zoll Halbmesser: so müfste aus einer Entfernung von $11\frac{1}{4}$ Zoll Halbmesser alle Magnesia in jene Kugel treten. Ueberdiefs könnte nicht einmal der Lava alle Magnesia entzogen werden, da die Bildung des Augits, wenn auch nur für die Grundmasse, gleichfalls diese Erde fordert, und zwar in einem gröfseren Verhältnisse, als sie in jener *Aetnalava* vorhanden ist; denn die thonerdehaltigen Augite fordern 12—17 Proc. Magnesia. Man müfste daher einen bei weitem gröfseren Halbmesser als $11\frac{1}{4}$ Zoll für die Bildungssphäre des Olivins annehmen.

Welche Kraft sollte es aber sein, welche diese Erde bestimmte, sich nach einem solchen gemeinschaftlichen Mittelpuncte zu bewegen? — Mit der chemischen Anziehung reicht

man nicht aus, da diese nur in unmerklichen Entfernungen wirkt, abgesehen davon, dafs man die Kieselsäure, von der diese Anziehung ausgehen müfste, bereits gegeben und um den gemeinschaftlichen Mittelpunct gruppirt anzunehmen hätte: ein Vorgang, wovon die Ursache nicht einzusehen wäre. Es bliebe also nur die Vorstellung übrig, dafs in jenem Raume von beispielsweise 22 Zoll Durchmesser die in der Lava vorhandenen Bestandtheile des Olivins, in Folge allmäliger Abkühlung und Erstarrung, in innige Verbindung mit einander träten und dieses Fossil constituirten, und so ein Gemeng von kleinen Olivinkörnern mit noch flüssiger Lava bildeten. Eine solche Wirkung würde den chemischen Gesetzen vollkommen entsprechen. Nur müfste man eine Vereinigungskraft annehmen, welche die zerstreuten Olivinkörner mit gänzlicher Ausstofsung alles Fremdartigen zusammen führte.

Man wird sich nicht auf die mechanische Anziehung beziehen wollen, wonach auf Wasser schwimmende Körper sich nähern, und nach erfolgter Berührung an einander haften; denn diese Anziehung wirkt zwischen ungleichartigen, wie zwischen gleichartigen Körpern, und weder der Schwerkraft entgegen, noch in bedeutenden Entfernungen. Es ist also unmöglich sich vorzustellen, dafs die in einem Raume von 22 Zoll Durchmesser zerstreuten und schon erhärteten Olivinkörner sich in Folge einer mechanischen Anziehung in einer Kugel von 5 Zoll Halbmesser concentriren könnten, mag man sich dieselben als schon erhärtet oder als noch flüssig denken.

Was sich als nothwendig bei der Lava ergeben hat, mufs auch beim Basalt, sofern wir ihn für eine feuerflüssige Bildung halten, stattfinden. Am leichtesten ist das oben (S. 591 und 592) erwähnte Vorkommen der zwischen zwei Basaltsäulen-Flächen getheilten Olivin- und Magneteisenparthien zu erklären, wenn diese schon präexistirt haben.

Hinsichtlich der Magneteisenparthien sind wir schon auf anderem Wege zu der höchst wahrscheinlichen Annahme ihrer Präexistenz gekommen. Und in der That, das Magneteisen, welches nicht, wie der Olivin, eine aus seinen Bestandtheilen in der flüssigen Masse entstandene Bildung, sondern eine reine Ausscheidung aus derselben sein müfste, könnte nur in Folge einer mechanischen Anziehung, deren Wirkung aber sehr

zweifelhaft erscheint, zu so grofsen Parthien sich vereinigt haben.

Dafs geschmolzener Basalt wirklich Olivin und Magneteisen im festen Zustande enthalten kann, zeigt ein schon vor 12 Jahren mit meinem Freunde, dem Oberbergrath Althans angestellter Versuch. Ein Stück Basalt wurde unter einem sehr hohen Drucke durch einen Umgufs von geschmolzenem Eisen so stark erhitzt, dafs die Grundmasse alle Merkmale eines geschmolzenen Zustandes zeigte; gleichwohl fanden sich darin noch die oben erwähnten krystallinischen Gemengtheile des dem Versuche unterworfenen Basalts *).

Die Frage, ob der Olivin, welchen die Lava zu Tage bringt, von unbekannten Gebirgsarten herrühre, oder ob er ein ausschliefslich vulkanisches Product sei, müssen wir unerörtert lassen. Gegen seine vulkanische Bildung ist indefs um so weniger etwas zu erinnern, sofern seine Bestandtheile in einer flüssigen Masse in den erforderlichen Verhältnissen vorhanden sind, da man auf Hüttenschlacken Olivinformen gefunden hat **), und da, wie wir später zeigen werden, die Bildung von Eisenoxydul- und Magnesiasilicaten auf nassem Wege Bedingungen voraussetzt, welche nur selten im Mineralreiche gegeben sein dürften. Characteristisch für den Olivin ist sein fast ausschliefsliches Vorkommen in basaltischen Gesteinen. Doch fand ihn Berzelius im Syenit bei *Elfdalen* ***) mit eingesprengtem Titaneisen, und der Chrysolith soll in Granit oder Syenit zwischen dem *Nil* und dem *rothen Meere*, auch auf der Insel *Topazos* vorkommen †). Da der Olivin noch nicht in Formen eines andern Fossils gefunden wurde, so liegt bis jetzt nichts vor, was für seine Bildung auf nassem Wege entschieden sprechen könnte.

Wir sind zu dem allgemeinen Resultate gekommen, dafs aus einer homogenen feuerflüssigen Masse sich nur solche Fossilien während der Erkaltung und Erstarrung in gröfseren Parthien ausscheiden können, deren Bestandtheile in der Masse

*) Meine Wärmelehre. S. 449.

**) Vergl. hierüber v. Leonhard a. a. O. Abth. II. S. 494.

***) Jahresbericht VI. S. 302.

†) Breithaupt, Handb. der Mineral. Bd. III. S. 723.

überall in den erforderlichen Verhältnissen vorhanden sind. Nehmen wir die Lava vom *Aetna*, deren Zusammensetzung mit einem Gesteine übereinstimmt, welches blofs aus Labrador und thonerdehaltigem Augit besteht, als Beispiel. Die Bestandtheile dieser beiden Fossilien werden, in einer solchen Lava im flüssigen Zustande gedacht, überall so vorhanden sein, dafs sich daraus kleine, wenn auch nur mikroskopisch kleine Labrador- und Augitkrystalle bilden können, sofern ein lang anhaltender flüssiger Zustand, d. h. eine sehr langsame Abkühlung die Bedingungen zu einer solchen krystallinischen Bildung darbietet. Hält der flüssige Zustand sehr lange an, so ist wohl zu begreifen, wie die Krystallmolecüle dieser Fossilien sich nach und nach an einander reihen, und gröfsere Krystalle bilden können. Es ist derselbe Act, wie bei der successiven Krystallisation zweier im Wasser aufgelöster Salze von ungleicher Löslichkeit, wobei, wie bekannt, sehr grofse Krystalle von beiden entstehen, sofern eine sehr langsame Verdunstung des Wassers oder eine sehr langsame Abkühlung der Auflösung statt findet. So wie hier die Krystallisationskraft das Gleichartige zusammenhäuft, das Ungleichartige verdrängt, so wird es auch bei der Krystallisation aus dem feuerflüssigen Zustande der Fall sein. Aber diese Krystallisationskraft wirkt gewifs ebenso wenig in die Ferne, als die chemische Anziehung; sie vereinigt nur das, was sie in unmerklichen Entfernungen findet. Es könnte daher nicht in Verwunderung setzen, in einer Lava, wie die vom *Aetna*, zollgrofse Labrador- und Augitkrystalle zu finden. Aber zollgrofse Olivine in einer solchen Lava würden wir nicht als Producte einer langsamen Erstarrung begreifen können.

Zersetzungen und Umwandlungen des Olivins.

Die vielen Olivinkugeln, welche ich in den Umgebungen des *Dreiser Weihers* zerschlug, haben folgende Resultate in Beziehung auf die Farben und Zersetzungen dieses Fossils geliefert.

Die lichtgrüne Farbe scheint die des am wenigsten veränderten Olivins zu sein. Wo das Grüne dunkler wird, da zeigen sich im reflectirten Sonnenlichte die Regenbogenfarben,

besonders ein schönes Roth und Gelb. Manchmal, jedoch äufserst selten, findet sich auf diesen Stellen ein dünnes, goldgelbes Glimmerblättchen. Das Dunkelgrün geht bisweilen in ein schönes Blau über.

Diese verschiedenen Färbungen rühren von einer fortschreitenden Oxydation des Eisenoxyduls her *); denn wo sich feine Haarspalten durch die Olivinkugeln ziehen, welche das Eindringen der Gewässer gestatten, da zeigen sich zu beiden Seiten dieser Spalten in einem oft nur papierdicken Streifen die dunkelgrünen Farben. Ebenso nimmt man diese und die blauen Farben in den äufsern Schalen der Kugeln wahr, während der Kern blassgrün ist, welches auf die von aussen nach innen fortschreitende Oxydation deutet. Das letzte Stadium der Oxydation zeigt sich in der ochergelben Färbung des Olivins, die, wie namentlich in den olivinreichen Schlakken, in das Ziegelrothe übergeht, wobei Glanz und Durchsichtigkeit verschwinden. In manchen Olivinkugeln kann man alle diese Farben in oft nahe an einander liegenden Körnern wahrnehmen. Nie habe ich selbst in sehr zersetzten Olivinkugeln ein Brausen mit Salzsäure bemerkt. Manchmal sind die Olivinkörner mit einer grofsen Menge schwarzer oder dunkelblauer Punkte übersäet. Nur der verwitterte Olivin enthält Wasser, welches ohne Zweifel von dem entstandenen Eisenoxydhydrat herrührt.

Jene Farbenveränderuugen sind mit dem Anlaufen des Stahls und noch mehr mit dem, mit zunehmender Oxydation immer dunkler grün und endlich ochergelb sich färbenden Eisenvitriol zu vergleichen.

Mit fortschreitender Oxydation des Eisenoxyduls im Olivin vermindert sich der Zusammenhang. Daher zerfallen die sehr verwitterten Olivinkugeln meist durch einen einzigen Hammerschlag zu Pulver, und daher fallen die auf den äufsern Flächen der Basalte oft in grofsen Parthien vorkommenden Olivine, nach ihrer gänzlichen Zersetzung, heraus, und lassen Höhlungen zurück, wie die zu Ecksäulen und Pfosten dienenden Säulen zeigen.

*) Vergl. Hausmann über d. Ersch. des Anlaufens d. Mineralkörper. N. Jahrb. f. Mineral. u. s. w. 1848. S. 331.

Die grofse Neigung des Olivins zum Verwittern ist auffallend, da gerade die Erde, welche so sehr die Zersetzung begünstigt, die Kalkerde, in diesem Fossile fehlt, und da andere Fossilien, welche eben so viel oder selbst mehr Eisenoxydul, als dieses enthalten, keine so grofse Neigung zeigen. Walmstedt *) glaubt die Ursache hiervon in der körnigen Absonderung des Olivins, und der dadurch bedingten leichten Durchdringbarkeit von Wasser und Luft zu finden. Der Chrysolith, bei welchem man diese Absonderung vermifst, zeigt auch keine solche Neigung zum Verwittern. Es verdiente näher untersucht zu werden, ob nicht der Olivin, wenn die körnige Absonderung wieder deutlich ist, d. h. wenn er sich mehr dem Chrysolith nähert, auch weniger verwittert **). Jener Ansicht Walmstedt's können wir, nach unsern Erfahrungen, nur beistimmen.

Drei Analysen von verwitterten Olivinen liegen vor. Klaproth ***) zerlegte den Olivin aus dem Basalte vom *Carlsberg* bei *Cassel*. (I). Er sonderte den Eisenocher durch Zerkleinern und Schlämmen ab, und bestimmte daher, da dieser ein Zersetzungsproduct war, die Menge des Eisens zu gering. Die lauchgrünen Körner enthielten schwarzgraue, metallglänzende Theile, welche er für Eisenglanz hielt. Walmstedt analysirte einen rostgelben, undurchsichtigen, glanzlosen, jedoch nicht zerfallenen Olivin von der *Wilhelmshöhe* bei *Cassel* (II), worin er ein Alkali nicht finden konnte, und R. Rhodius †) einen sehr zersetzten aus Basalt (III), dessen spec. Gew. nur 1,98 war.

*) Schweigger's Journ. Bd. XLIV. S. 265.

**) Sollte vielleicht der Olivin, welcher nach Webster (v. Leonhard's Basaltgebilde Abth. I. S. 201) einen vorzüglich häufigen Gemengtheil der Basalte von *St. Michael* ausmacht und eine grofse Unzersetzbarkeit zeigt, von solcher Art sein? —

***) Beiträge Bd. I. S. 118.

†) N. Jahrb. f. Min. 1848. S. 325.

	I.	II.	III.
Kieselsäure . . .	52,00	42,61	51,4
Magnesia	37,75	48,86	17,4
Eisenoxydul . . .	10,75	8,36	28,8
Eisenoxyd	—		1,0
Manganoxydul . .	—	0,15	—
Kalkerde	0,12	0,22	—
Thonerde	—	0,14	—
	100,62	100,34	98,6

Alle drei zeigen einen gröfseren Kieselsäure- und einen kleineren Magnesiagehalt, als die unveränderten Olivine. Gewässer haben also mehr oder weniger von der Magnesia fortgeführt, wodurch die Kieselsäure relativ zunahm *).

Walchner **) fand im Hyalosiderit 2,79 Proc. Kali. Da dieses Fossil in einem basaltischen Mandelsteine auf dem *Kaiserstuhl*, begleitet von Augit und Bitterkalk vorkommt, da es erst bei der Verwitterung des Mandelsteins hervortritt: so ist es sehr wahrscheinlich, dafs es sein Kali von zersetztem Labrador aufgenommen hatte. Seine bald goldgelbe, bald die Farben des angelaufenen Stahls zeigende Färbung spricht gleichfalls dafür, dafs es in einer Veränderung begriffen war. Ebenso könnte wohl die kohlensaure Magnesia im Bitterkalk ein Zersetzungproduct desselben sein, worauf auch die in Vergleich mit den übrigen Olivinen sehr verringerte Magnesia deutet.

*) Stromeyer wirft der Analyse Klaproth's vor, dafs sie den Kieselsäure- und Eisenoxydulgehalt viel zu hoch, und dagegen den der Magnesia wenigstens 12 Proc. zu niedrig angebe. Aus dem von diesem Chemiker angewendeten Verfahren soll man ersehen, wie ihm eine so bedeutende Menge Magnesia habe entgehen können. Da Klaproth den Olivin mit der 3fachen Menge Schwefelsäure behandelt und dieselbe bis zur Trockne der Masse abgezogen hatte: so mufste, nach v. Kobell (Journ. für pract. Ch. Bd. V. S. 214) dieses Fossil vollkommen zersetzt worden sein. Wir können daher aus Klaproth's Verfahren nichts ersehen, was zur Vermuthung Stromeyer's berechtigen könnte.

**) Schweigg. Journ. Bd. XXXIX. S. 72.

Auch Lappe *) fand in einer körnigen Olivinmasse, aus der *Ameralik-Fiorde* in *Grönland,* gewöhnlich auf den Ablösungen der Körner etwas verwittert, Bitterkalk und gleichzeitig grünlichen, grofsblätterigen Glimmer und Strahlstein.

Serpentin nach Olivin.

Die von Haidinger **) beschriebenen, dem edlen Serpentin angehörigen Krystalle stimmen ganz mit den Formen des Olivins überein, und dürften daher wohl Pseudomorphosen sein. Am ausgezeichnetesten kommen solche Pseudomorphosen bei *Uhlen* auf *Snarum* in *Norwegen* vor. Quenstedt ***) zeigte, dafs sie in ihrer Form genau mit der des Olivins übereinstimmen. Manche von ihnen sind in ihrer ganzen Masse von Bitterspath durchzogen. Ein Krystall von mehr als 4 Zoll Länge und 3 Zoll Breite zeigt ganz deutlich, dafs er einst Olivin gewesen sein müsse; denn sein Inneres ist noch mit völlig unzersetzter Olivinmasse angefüllt. Man sieht an ihm deutlich, wie die Umwandlung von aufsen nach innen begann, wie Serpentinschnüre den Olivin durchziehen, die Masse entfärben, porös machen und so allmälig die Verwandlung vollenden. Die braunen Schnüre, welche Gebirgsmasse und Krystalle gleichmäfsig durchziehen, scheinen, nach Quenstedt, blofs halb zersetzter Olivin zu sein †).

*) Poggend. Annal. Bd. XLIII. S. 669.

**) Gilbert's Annal. Bd. LXXV. S. 385.

***) Poggend. Annal. Bd. XXXVI. S. 370.

†) Klaproth (Beitr. Bd. I. S. 110) erwähnt eines mit zarten Asbestadern durchsetzten Serpentins von *Leutschau* in *Ungarn,* in welchem hochgrüne, glänzende Körner, die an einigen Stellen eine rautenförmige Krystallisation zeigen, häufig eingesprengt sind. v. Born und v. Fichtel, welche davon nähere Nachricht mittheilten, nennen selbige Chrysolith. Die Kleinheit der Körner und deren unthunliche Absonderung vom Muttergestein erlaubten nicht eine chemische Prüfung. Indessen giebt ihr Vorkommen im Serpentin, wegen der jetzt aufgefundenen Gleichheit der Bestandtheile

Durch die Analyse des Serpentins jenes Krystalls und des eingeschlossenen noch unzersetzten Olivins würde sich der Umwandlungsprocefs genau bestimmen lassen; denn bei der verschiedenen Zusammensetzung der Serpentine läfst er sich nicht wohl theoretisch darstellen. So viel ist indefs gewifs, dafs Magnesia ausgeschieden und Wasser aufgenommen werden mufs. Daher ist es sehr interessant, jene im beigemengten Bitterspath wirklich zu finden. Wenn nun unzweifelhaft die Kohlensäure in den Gewässern die Zersetzung eines Theils des Magnesiasilicats bewirkte, und das Eisenoxydulsilicat davon nicht alterirt wurde: so mufste sich ein sehr eisenreicher Serpentin bilden. Da aber dieser zu den seltnern Serpentin-Varietäten gehört: so ist es wahrscheinlich, dafs gleichzeitig auch das Eisenoxydulsilicat theilweise zersetzt wurde, in welchem Falle die Gewässer Eisenoxydulcarbonat fortgeführt haben.

In den oben angeführten Fundorten des Olivins, wo ihn gleichfalls Bitterspath begleitete, können wir eine Tendenz zur Umwandlung in Serpentin vermuthen, nicht aber in den Olivinkugeln vom *Dreiser Weiher*, in denen sich kein Brausen durch Säuren zu erkennen gab. Ebenso wie aber dort in der Nähe der Haarspalten eine höhere Oxydation des Eisenoxyduls sich zeigt, zeigt sich hier eine Umwandlung in Serpentin. Es ist nur der Unterschied, dafs dort Gewässer, welche Sauerstoff enthielten, hier aber Kohlensäure-haltige Gewässer die Zersetzung bewirkten. Olivinkugeln, welche, wie am *Dreiser Weiher*, frei am Boden oder zwischen Rapilli liegen, sind aber auch vorzugsweise dem atmosphärischen Sauerstoff exponirt, und können daher nicht zur Umwandlung in Serpentin geneigt sein, während Olivine im Gebirgsgesteine, die vielleicht Kohlensäure-Exhalationen aus der Tiefe ausgesetzt sind, oder zu denen Tagewasser dringen, welche schon

in beiden, einigen geognostischen Grund her, sie füglich als Chrysolith annehmen zu können.

Diese, über ein halbes Jahrhundert alte Mittheilung einer wahrscheinlichen Pseudomorphose des Serpentins ist wohl werth, die Aufmerksamkeit der Mineralogen in jener Gegend in Anspruch zu nehmen.

in höheren Teufen durch jene Oxydationsprocesse ihren Sauerstoff verloren haben, und daher nur noch durch ihren Kohlensäuregehalt zersetztend wirken können, jener Umwandlung unterliegen.

Eine andere Umwandlung, als in Serpentin, ist vom Olivin mit Bestimmheit nicht bekannt. Sollte aber nicht eine Umwandlung dieses Fossils in Glimmer möglich sein, da andere, wie Andalusit, Wernerit u. s. w., deren Mischung bei weitem mehr, als die des Olivins von der des Glimmers abweicht, sich in diesen umwandeln können? — Die Zusammensetzung des Hyalosiderits zeigt einen Olivin, der 2,79 Proc. Kali und 2,2 Proc. Thonerde enthält: Bestandtheile, die, wie das Kali, anderen Olivinen gänzlich fehlen, oder, wie die Thonerde, nur spurweise vorkommen. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, dafs der Olivin diese Bestandtheile aufnehmen kann, und man würde vielleicht auch in anderen Olivinen Kali finden, wenn bei der Analyse darauf die Aufmerksamkeit gerichtet würde.

In den blofs aus Olivin bestehenden Kugeln finden sich manchmal kleine Glimmerblättchen, und, wie bemerkt wurde, gerade da, wo das Irisiren eine schon begonnene Veränderung andeutet. Ebenso kommt neben dem mit Glimmer verwachsenen Olivin aus *Grönland* Bitterkalk, ein Zersetzungsproduct desselben, und zwar ein solches vor, welches sich abscheiden müfste, wenn eine Umwandlung des Olivins in Glimmer erfolgen sollte, da selbst der Magnesiaglimmer bei weitem nicht so viel Magnesia enthält, als der Olivin. Im Berliner Mineralien-Cabinet fand ich in einem Serpentin von *Snarum* Glimmerparthien. Mineralogen, welche nichts von einer Umwandlung dieser Fossilien in Glimmer wissen wollen, werden freilich schnell mit der Antwort fertig sein: jene Glimmerblättchen sind im Olivin eingeschlossen, diese mit ihm und letztere mit dem Serpentin verwachsen. Ob es aber nicht die Wissenschaft mehr fördert, auf solche Beziehungen, auf das Zusammenvorkommen von Fossilien und auf ihre möglichen und wirklichen Zersetzungsproducte aufmerksam zu machen, um Aehnliches oder Verschiedenes bei anderen Gelegenheiten

wahrnehmen zu können: eine solche Frage können nur solche Mineralogen mit Nein beantworten, welche sich um das Genetische wenig oder gar nicht kümmern.

Wir werden übrigens bei Betrachtung des Serpentins auf diesen Gegenstand wieder zurückkommen und dann möchten sich noch andere Beweisgründe ergeben.

Kap. VIII.

Basalt.

Es folgen zunächst die Resultate der bis jetzt analysirten Basalte. Nach den S. 640 angegebenen Principien sind die Analysen geordnet und reducirt worden. Den Wassergehalt der Basalte, welcher oben (S. 589) schon im Allgemeinen angegeben wurde, haben wir vernachläſsigt, sofern er nicht, wie bei den zersetzten Basalten, eine besondere Bedeutung hat.

	I.	Sauerst.		II.	Sauerst.
Kieselsäure . .	48,88	25,38		52,96	27,50
Thonerde . .	10,88	5,09		16,46	7,69
Eisenoxyduloxyd	11,65	2,73		5,32	
Eisenoxyd . .	2,57	0,77	Oxydul	2,82	0,63
Manganoxyd .	0,09	0,03			
Kalkerde . .	11,30	3,21		8,79	2,50
Magnesia . .	4,86	1,88		9,32	3,61
Natron . . .	3,61	0,93		3,60	0,92
Kali	2,66	0,45		1,19	0,20
Titansäure . .	2,84	1,13			
	99,34	16,22		100,46	15,55
		0,639			
Nach Abzug des Eisenoxyduloxyds		0,531			0,565
Nach Abzug dieses und der Titansäure		0,487			

	III.	Sauerst.		IV.	Sauerst.
Kieselsäure	51,69	26,84		45,52	23,64
Thonerde .	12,06	5,64		17,72	8,28
Eisenoxydul	12,39	2,75		7,17	1,59
Eisenoxyd .	5,13	1,54	Magneteisen	7,69	
Kalkerde .	6,35	1,81		11,15	3,17
Magnesia .	7,65	2,96		6,04	2,34
Natron . .	2,27	0,58		3,08	0,79
Kali . .	2,45	0,42		1,63	0,28
	99,99	15,70		100,00	16,45
		0,585			0,696

	V. *A.*	Sauerst.	V. *B.*	Sauerst.
Kieselsäure .	44,90	23,31	46,68	24,24
Thonerde . .	18,71	8,75	18,25	8,53
Eisenoxydul .	9,09	2,02	8,93	1,98
Kalkerde . .	12,90	3,67	10,64	3,03
Magnesia . .	7,14	2,77	10,32	4,00
Natron . . .	6,58	1,69	4,40	1,13
Kali . . .	0,68	0,12	0,78	0,13
	100,00	19,02	100,00	18,80
		0,816		0,775

	VI.	Sauerst.		VII.	Sauerst.
Kieselsäure . .	43,71	22,70		44,5	23,11
Thonerde . .	10,30	4,81		16,75	7,83
Eisenoxyduloxyd	10,79				
Eisenoxydul . .	3,57	0,79		20,00	5,99
Manganoxyd .	1,18	0,36		0,12	0,04
Kalkerde . .	15,08	4,29		9,50	2,70
Magnesia . .	12,33	4,78		2,25	0,87
Strontian . .	0,08	0,01			
Natron . . .	2,16	0,55		2,60	0,67
Kali	0,80	0,13	Wasser	2	
	100,00	15,72		97,72	18,10
		0,692			0,784

	VIII.	Sauerst.
Kieselsäure . . .	32,50	16,87
Thonerde	15,75	7,36
Eisenoxyduloxyd .	25,00	7,06
Kalkerde	10,82	3,08
Magnesia	4,89	1,89
Natron	4,90	1,26
Kali	1,11	0,19
Wasser	3,50	
Verlust	1,53	
	100,00	20,84
		1,235

	IX. *A.* Unveränderter	Sauerst.		IX. *B.* Veränderter Basalt.	Sauerst.
Kieselsäure mit Spuren von Titan .	46,1	23,94		36,1	18,74
Titanoxyd . . .				0,6	
Thonerde . . .	13,2	6,17		30,5	14,26
Eisenoxydul . .	16,6	3,68	Oxyd	4,3	1,29
Kalkerde . . .	7,3	2,08		8,9	2,53
Magnesia . . .	7,0	2,71		0,6	0,23
Natron	2,7	0,69		0,9	0,23
Kali	1,8	0,31		0,6	0,10
Wasser	4,9		u. organ. Substanz	16,9	
	99,6	15,64		99,4	18,64
		0,653			0,909

	X. *A.* Unveränderter	Sauerst.		X. *B.* Veränderter Basalt.	Sauerst.
Kieselsäure . .	53,0	27,52		58,1	30,17
Thonerde . .	18,4	8,60		22,6	10,56
Eisenoxydul .	9,5	2,11	Oxyd	4,0	1,20
Kalkerde . . .	6,8	1,93		2,9	0,82
Magnesia . .	3,5	1,36		2,2	0,85
Natron . . .	3,1	0,80		3,3	0,85
Kali	2,7	0,46		2,7	0,46
Wasser . . .	3,7		u. organ. Substanz	3,5	
	100,7	15,26		99,3	14,74
		0,555			0,489

	XI. *A.* Unveränderter Basalt.	Sauerst.
Kieselsäure mit Spuren von Titan . .	43,4	22,53
Thonerde	12,2	5,70
Eisenoxydul . . .	12,1	2,69
Eisenoxyd	3,5	1,05
Kalkerde	11,3	3,21
Magnesia	9,1	3,53
Natron	2,7	0,69
Kali	0,8	0,14
Wasser	4,4	
	99,5	17,01
		0,755

	XI. *B* Basalt in der ersten Periode der Zersetzung	Sauerst.	XI. *C* Basalt in der zweiten Periode der Zersetzung	Sauerst.
Kieselsäure mit Spuren von Titan .	43,0	22,33	42,5	22,07
Thonerde	13,9	6,50	17,9	8,37
Eisenoxydul . . .	8,3	1,84	—	—
Eisenoxyd	5,4	1,62	11,5	3,45
Kalkerde	12,1	3,44	2,5	0,71
Magnesia	7,3	2,83	3,3	1,28
Natron } Kali } . . .	0,5	0,08	0,2	0,03
Wasser	9,5		20,4	
	100,0	16,31	98,3	13,84
		0,730		0,627

	XII.	XII. a.	Sauerst.
Kieselsäure . . .	37,43	44,10	22,90
Thonerde . . .	13,16	15,51	7,25
Magneteisen . . .	7,50	8,84	
Eisenoxydul . .	1,23	12,01	2,67
Kalkerde . . .	7,20	13,73	3,90
Magnesia . . .	2,32	3,39	1,31
Natron	2,06	2,42	0,62
Kohlens. Eisenoxydul	14,60		
Kohlens. Kalkerde .	7,90		
Kohlens. Magnesia .	1,15		
Wasser	6,09		
	100,64	100,00	15,75
			0,688

	XIII. *A.*	Sauerst.	XIII. *B.*	Sauerst.
Kieselsäure	46,4	24,09	49,6	25,75
Thonerde	21,7	10,14	25,9	12,11
Eisenoxydul	20,2	4,48	13,1	2,91
Eisenoxyd	1,1	0,33	0,6	0,18
Magnesia	10,8	4,18	10,0	3,87
	100,2	19,13	99,2	19,07
		0,794		0,741

XIV. *A.* fester Basalt.

Salzsäure extrahirte		darin Kali	im Mittel	Natron	im Mittel
a. 24,36		0,19		1,24	
b. 25,68	26,40		0,24		1,49
c. 29,16		0,29		1,74	
Rückstand					
a. 75,64		0,22		1,09	
b. 74,32	73,60		0,16		1,05
c. 70,84		0,10		1,01	
Ganzer Basalt					
a. 100,00	100,00	0,41	0,40	2,33	2,54
c. 100,00		0,39		2,75	

XIV. *B.* durchlöcherter Basalt.

	Kali	Natron
Salzsäure extrahirte 18,33	0,14	0,53
Rückstand 81,67	0,28	1,26
Ganzer Basalt	0,42	1,79

XIV. *C.* Basalterde.

	Salzsäure extrahirte		darin Kali	im Mittel	Natron	im Mittel
a.	15,51		0,06		0,12	
b.	16,04	16,67	0,06	0,06	0,17	0,18
c.	18,57		0,06		0,24	
	Rückstand					
a.	84,49		0,35		1,55	
b.	83,96	83,29	0,30	0,29	1,52	1,44
c.	81,43		0,21		1,24	
	Ganzer Basalt.					
a.	100,00		0,41		1,67	
b.	100,00	100,00	0,36	0,35	1,69	1,62
c.	100,00		0,27		1,48	

I. Basalt aus der Gegend von *Wetzlar* nach C. G. Gmelin *). Ueber seine Gemengtheile ist nichts bemerkt. Er zeigt eine sehr ausgezeichnete scharf abgeschnittene Verwitterungs-Rinde von blaulichgrauer, und wo die Zersetzung nach aufsen weiter vorgeschritten war, von hellgelblicher Farbe. Aus der vergleichenden Untersuchung des frischen und des verwitterten Basalts ergab sich im letzteren eine Verminderung der gelatinirenden Masse um mehr als 50 Proc. In der gelatinirenden Masse des verwitterten Gesteins zeigte sich die Kieselsäure, Titansäure, Kalkerde, Magnesia und das Alkali vermindert, das Eisenoxyd bedeutend vermehrt. Das Eisen war daher durch seine höhere Oxydation unlöslich geworden und zurückgeblieben, während die Gewässer von den andern Bestandtheilen fortgeführt haben.

II. Basalt, olivinhaltig, vom Meifsner nach Girard **).

III. Basalt von der *Steinsburg* bei *Suhl*, nach Petersen ***).

IV. Basalt von *Stolpen*, nach Sinding †). Er ent-

*) Leonhard's Basalt-Gebilde Abth. I. S. 269.

**) Poggend. Ann. Bd. LIV. S. 562.

***) Rammelsberg's Handwörterb. Abth. I. S. 84.

†) Poggend. Ann. Bd. XLVII. S. 182.

hält Olivin nicht bloſs in einzelnen ausgeschiedenen Parthien, sondern durch die ganze Masse verbreitet.

V. *A* und *B*. Basalt von *Wickenstein* bei *Querbach* in *Niederschlesien*. Er enthält ziemlich groſse Krystalle von schwarzem Augit und Körner von Magneteisen. Jene waren besonders deutlich auf der verwitterten Oberfläche zu erkennen, wo die Grundmasse graulichweiſs und erdig, und von den Tagewassern zum Theil fortgespült worden war, wodurch die von der Verwitterung nicht angegriffenen Augitkrystalle hervortraten. Dieser Basalt wurde von Löwe *) (*A*) und von Girard **) (*B*) analysirt. Nach Letzterem ist er ganz frei von Olivin.

VI. Basalt von *Stetten* im *Hegau*, nach C. G. Gmelin ***).

VII. Basalt vom *Hasenberg* unweit *Libochowitz* in *Böhmen*. Nach Klaproth, der diesen Basalt analysirte †), soll dessen Grundmasse mit Hornblendepuncten (?) innig gemengt sein. Olivinkörner kommen darin äuſserst sparsam vor. Wir können nicht unbemerkt lassen, daſs dieser Chemiker in diesem Basalte und in anderen mit ihm verwandten Gebirgsarten eine kohlenstoffhaltige Substanz fand. Schon früher wurde bemerkt, daſs wir die Gegenwart solcher Substanzen in Gesteinen keineswegs für einen eclatanten Beweis ihrer nichtplutonischen Entstehung nehmen können; sondern daſs eine spätere Einführung organischer Ueberreste durch Gewässer sehr wohl zu begreifen ist. Daraus folgt aber ganz evident, daſs Gewässer, wenn sie organische Ueberreste im Basalte absetzen, auch im Stande sein müssen, Unorganisches zurücklassen und fortzunehmen; daſs mithin auch in einem so dichten Gesteine, wie Basalt, chemische Veränderungen vorgehen werden.

VIII. Basalt von *Groſswallstadt* bei *Aschaffenburg*, nach v. Bibra ††). Dieser Basalt wird von buntem Sandsteine bedeckt, und an einer Stelle, wo dieser jenen berührt, ist der

*) Poggend. Ann. Bd. XXXVIII. S. 151.
**) Ebend. Bd. LIV. S. 557.
***) A. a. O. S. 266.
†) Beitr. Bd. III. S. 245.
††) Journ. für pract. Chem. Bd. XIV. S. 413.

Sandstein in schönen Säulen abgesondert. Der Basalt ist sehr fest, grauschwarz und enthält Krystalle von Augit, Hornblende nebst Zeolith. Mit dem Magnete konnte nichts ausgezogen werden.

IX. Basalt von *Crouset (Haute-Loire)* nach Ebelmen *). Ein abgerundetes Fragment, compact und unverändert in der Mitte, zersetzt auf der Oberfläche bis zu 7—8 Millimeter Tiefe. Olivin ist im unveränderten Basalt deutlich zu erkennen; im zersetzten aber gänzlich verschwunden.

X. Basalt von *Polignac (Haute-Loire)* nach Demselben. Er ist graulich, von erdigem Ansehen mit etwas Magneteisen gemengt. Die Oberfläche ist bis zu 1 bis 2 Millimeter Dicke weifs und zerreiblich.

XI. Basalt vom *Kammerbühl* bei *Eger* nach Demselben. Die Zersetzung dieses Gesteins beginnt mit der Bildung von Kugeln von einem bisweilen beträchtlichen Durchmesser, welche sich von der Oberfläche nach ihrem Mittelpuncte allmälig zersetzen.

XII. Basalt von *Ober-Cassel* bei *Bonn* nach Bergemann **). Er ist grauschwarz, von dichtem Gefüge, gleichförmig in der ganzen Masse, wirkt auf die Magnetnadel, scheint reine zeolithartige Ausscheidungen nicht zu enthalten, und Olivin ist selten. Er enthält eine grofse Menge kohlensaurer Kalkerde und schöne Kalkspathkrystalle finden sich häufig in ihm. Er braust defshalb sehr stark mit Säuren, und nach deren Einwirkung bleibt eine hellgrüne, in verschiedener Gröfse weifs gefleckte Masse zurück, deren Oberfläche durch die zersetzten kohlensauren Salze porös ist. In der grauen Masse finden sich hin und wieder schwarze Ausscheidungen von

*) Compt. rend. T. XX. P. 1415. Vergl. meine Bemerkungen im n. Jahrb. für Mineral. u. s. w. Jahrgang 1847. S. 714. Ebelmen fand, was wir schon so oft hervorgehoben haben, dafs die meisten Fossilien, welche er untersuchte, an derselben Stufe einen unbestreitbaren und allmäligen Uebergang zwischen dem unveränderten und veränderten Theile zeigen. Nur darauf scheint er nicht geführt worden zu sein, dafs selbst das scheinbar Unveränderte in den Gesteinen selten mehr in seinem ursprünglichen Zustande sich befindet.

**) A. a. O. S. 38.

Augit. Aus grobem Pulver scheidet Salzsäure viele kleine vollkommen durchsichtige und farblose Blättchen von Labrador aus.

XII. a. Derselbe Basalt nach der Reduction (S. 640).

XIII. *A*. Sehr zersetzter Basalt aus einem Gange in der Kupfergrube des *Virnebergs* bei *Rheinbreitbach*, nach R. Rhodius *). Dieser Basaltgang wird vom Kupfererzgange an mehreren Stellen durchschnitten, und das zersetzte basaltische Gestein ist dadurch besonders merkwürdig, dafs es an den Berührungs-Punkten von gediegenem Kupfer in dünnen, zusammenhängenden, metallisch glänzenden Blättchen durchsetzt wird. Der zersetzte Basalt ist einem grünlichgrauen Bol ähnlich. XIII. *B*. ist dasselbe Gestein von einem andern Stücke.

In einem solchen zersetzten Basalt mit Kupferblättchen, welchen ich besitze, zeigt sich unter der Lupe, dafs er aus einer grauen Grundmasse mit unzähligen kleinen, grünlichen Pünctchen besteht, unter denen man hier und da Augitformen zu erkennen glaubt. Diese Pünctchen haben häufig einen Kern von der Farbe der Grundmasse. Hier und da erscheinen sie wie Ausfüllungen von Blasenräumen, die in der Mitte hohl sind. An einer Stelle, wo die gröfsten Kupferparthien sich finden, ist in einer schmalen Lage die Grundmasse mehr grün als grau. Hier scheint die Zersetzung nicht so weit fortgeschritten zu sein. Es ist wohl nicht zu zweifeln, dafs die Grundmasse dieses Basalts zersetzter Labrador, und die grünlichen Pünctchen zersetzte Augite, wie die Grünerde aus dem *Fassathale*, sind (S. 562). Die Vergleichung mit einigen Stufen aus dem *Fassathale* zeigt auch einige Aehnlichkeit. In diesen ist die Grundmasse nur dunkler grau, und deutliche gröfsere Augitkrystalle sind in dunkle Grünerde umgewandelt, neben denen jedoch auch kleinere formlose grüne Parthien, und kleine Blasenräume mit einem dünnen Ueberzuge von Grünerde vorkommen.

XIV. *A*. Basalt von *Ober-Cassel* bei *Bonn*, nach den Analysen meines Sohns Carl Bischof **) XIV. *B*. Der-

*) Wöhler und Liebig's Ann. Bd. LXIII. S. 212 ff. Vergl. auch Nöggerath im n. Jahrb. 1846. S. 457.

**) Mein Sohn hat in seiner Doctor-Dissertation „de Alcalibus in

selbe im schon etwas veränderten Zustande, wie die Löcher darin anzeigen. XIV. *C.* Basalterde, wie sie durch vollständige Verwitterung entstanden ist.

Der Kieselsäuregehalt und die Sauerstoffquotienten in I, II und III berechtigen zu der Alternative, dafs diese Basalte entweder Gemenge aus thonerdehaltigem Augit und Labrador seien, woraus ein Theil der Basen bereits ausgeschieden worden ist, oder dafs sie Gemenge aus thonerdefreiem Augit und Labrador seien. Die letztere Annahme ist indefs weniger wahrscheinlich, da die bis jetzt analysirten Augite aus basaltischen Gesteinen thonerdehaltig sind (S. 522 und 631). In II ist das Magneteisen mineralogisch nachgewiesen; in I und III ist seine Gegenwart wahrscheinlich *).

Zieht man im Basalt IV das Magneteisen, so wie es Sinding berechnet hat, ab und reducirt den Kieselsäuregehalt auf ein Magneteisen-freies Gestein: so steigt der Kieselsäuregehalt auf 49,31 Proc. Dieser Gehalt und der gefundene Sauerstoffquotient entsprechen so ziemlich einem Gemenge aus thonerdehaltigem Augit und Labrador. Könnte

Plantis. Bonnae 1848" eine grofse Zahl Analysen von Aschen verschiedener Holzarten, welche auf verschiedenem Boden krystallinischer und sedimentärer Gesteine gewachsen waren, angestellt, um die relativen Verhältnisse von Kali und Natron zu ermitteln. Da nach Bergemann's Analyse der Basalt von *Ober-Cassel* gar kein Kali enthalten soll, so sammelte mein Sohn gerade von dieser Stelle Holzarten zu seiner Untersuchung, weil zu erwarten war, dafs dieselben gar kein Kali enthalten würden. Allein er fand es darin gleichfalls und zwar nicht weniger davon, als in den auf anderem Boden, z. B. auf Thonschiefer gewachsenen Holzarten. Daraus folgte, dafs der Basalt von *Ober-Cassel* Kali, aber wahrscheinlich in so geringer Menge enthalten werde, dafs es der Analyse entgehen konnte. Nach dem Drucke seiner Dissertation gab er sich an die Analyse dieses Basalts und fand noch wohl bestimmbare Mengen Kali. Das Ausführliche seiner Untersuchungen wird er im Journ. f. pract. Chemie mittheilen.

*) In der Analyse des nicht gelatinirenden Antheils von I zeigt sich ein Gewichtsverlust von 7,34 Proc. Daher hielt C. G. Gmelin eine Wiederholung der Analyse für nöthig, welche uns jedoch nicht bekannt geworden ist. Die Resultate derselben und die darauf gegründeten Schlüsse sind mithin schwankend.

man auch den in diesem Basalte vorhandenen Olivin in Abzug bringen, so würde der Sauerstoffquotient sich etwas vermindern und noch mehr dem normalen sich nähern oder ihn erreichen.

Der Kieselsäuregehalt und der Sauerstoffquotient in V. *A.* und V. *B.* lassen die Annahme nicht zu, dafs dieses Gestein blofs aus Augit, Labrador und Magneteisen bestehe; es sei denn, dafs ein Theil der Kieselsäure durch Gewässer fortgeführt worden wäre. Girard berechnet, dafs dieser Basalt aus einem etwas kieselsäurearmen Augit, aus Nephelin und Mesolith bestehe. Das besonders fettglänzende Ansehen desselben soll auch äufserlich für die Gegenwart des Nephelin sprechen und auf einen Zusammenhang in der Zusammensetzung dieses Basalts mit den Nephelin-Doleriten deuten, welche immer Gegenden angehören, in denen basaltische Gesteine vorkommen.

Die Gegenwart des Nephelin in einem Basalt vermindert den Kieselsäuregehalt (S. 635) und vermehrt den Sauerstoffquotient, da er in diesem Fossil = 1 ist. Deutet das äufsere Ansehen des Basalts auf Nephelin, ziehen die Säuren die ganze Menge der Alkalien aus, wie diefs in den Analysen von Löwe und Girard der Fall war: so wächst die Wahrscheinlichkeit der Gegenwart dieses Fossils. Wenn aber auch der Nephelin von Säuren vollkommen zersetzt wird: so dürfen wir doch nicht vergessen, dafs diefs auch bei manchem Labrador der Fall ist (S. 628). Das Verhalten eines Basalts zu den Säuren allein läfst uns daher hinsichtlich der Gegenwart oder Abwesenheit beider alkalihaltiger Fossilien in Ungewifsheit. Wünschenswerth ist die Analyse der Augitkrystalle in diesem Basalte; man würde dann der Zusammensetzung vielleicht näher kommen. Nicht uninteressant ist es, dafs in Girard's Analyse der durch kochende Salzsäure erhaltene Antheil des Basalts fast ganz genau mit dem durch kohlensauren Baryt aufgeschlossenen übereinstimmt: ein neuer Beweis, dafs die Unauflöslichkeit vieler Silicate in Säuren nie streng zu nehmen ist, und dafs daher die Analyse nach dem gesonderten Verfahren zu keinem genügenden Resultate führt. Löwe erhielt 55,6, Girard 36,6 Proc. Rückstand nach der Behandlung mit Säuren; dagegen zeigen die beiden Analysen V. *A.* und V. *B.* eine ziemliche Uebereinstimmung. Die Analyse nach dem ge-

sonderten Verfahren läfst daher eine bedeutende Verschiedenheit zwischen den beiden Basalten von gleichem Vorkommen vermuthen, wie diefs auch die sehr verschiedenen, von beiden herausgerechneten Gemengtheile zeigen. Beachtet man indefs, dafs in V. *B.* die Kalkerde weniger, die Magnesia aber mehr beträgt, als in V. *A.*: so mufs man, wenn die beiden analysirten Basalte ursprünglich identisch waren, schliefsen, dafs hier die so häufige theilweise Verdrängung der Kalkerde durch Magnesia statt gefunden habe. Auch die geringere Menge Natron in V. *B.* als in V. *A.* deutet darauf hin, dafs in jenem die Veränderungen weiter fortgeschritten waren, als in diesem. Und so erklärt sich auch, warum die Säuren von V. *B.* viel mehr aufgelöst haben, als von V. *A.* Man sieht, wenn auch die Analyse nach dem gesonderten Verfahren an sich keinen Werth hat: so kann man doch aus den relativen Mengen, welche von den Säuren aus verschiedenen Stufen Basalt von demselben Vorkommen extrahirt werden, auf die mehr oder weniger fortgeschrittene Veränderung schliefsen. Nicht übersehen darf man indefs, dafs bei der eigentlichen Verwitterung der umgekehrte Fall statt findet, dafs nämlich dann die gelatinirende Masse sich vermindert, indem sie durch die Gewässer fortgeführt wird, wie diefs Gmelin's Analyse der Verwitterungsrinde von *Wetzlar* und meines Sohnes Analysen XIV. zeigen.

C. G. Gmelin hält das von der Salzsäure aus dem Basalt VI ausgezogene Eisenoxyd für Magneteisen. Subtrahirt man dieses von den Basen, so erhält man einen Kieselsäuregehalt von 49 Proc. Unter dieser Voraussetzung würde man so ziemlich auf ein Gemeng aus thonerdehaltigem Augit und Labrador schliefsen können. Der geringe Gehalt an Alkalien läfst indefs eine schon sehr weit fortgeschrittene Zersetzung des Labradors, welche, wie wir später sehen werden, einen Verlust an Kieselsäure herbeigeführt haben mufste, vermuthen.

Die ungewöhnlich grofse Menge Eisenoxyd im Basalte VII zeigt, dafs ein grofser Theil desselben von Magneteisen und Olivin herrührte. Sollten vielleicht die von Klaproth bemerkten Hornblendepuncte Magneteisen sein? — Da dessen Analyse keine Data an die Hand giebt, die Menge dieses

Fossils auch nur approximativ zu bestimmen, so sind wir aufser Stande, auf die Gemengtheile dieses Basalts zu schliefsen. Es ist übrigens nicht unwahrscheinlich, dafs dieselben thonerdehaltiger Augit, Labrador, Magneteisen und Olivin seien, da letzteres Fossil wirklich vorhanden ist.

Die Zusammensetzung des Gesteins VIII weicht so sehr von der der Basalte und der augitischen Labrador-Gesteine überhaupt ab, dafs man es, ungeachtet der darin vorkommenden Augitkrystalle, nicht für einen eigentlichen Basalt halten kann. Da es kein Magneteisen enthält, da der Kieselsäuregehalt weit unter den des Nephelins fällt, und da der Sauerstoff der Basen sogar den der Kieselsäure übersteigt: so kann man nicht einmal die anomale Zusammensetzung aus der Gegenwart bedeutender Quantitäten jener Fossilien erklären. War dieses Gestein ursprünglich wirklich Basalt, so mufs es sich im Laufe der Zeit bedeutend verändert und sehr viel von seiner Kieselsäure verloren haben. Defshalb wäre nachzuforschen, ob vielleicht Quarz in der Nähe sich findet. Auf bedeutende Veränderungen läfst die Anwesenheit von Zeolith schliefsen; denn wenn man auch gewohnt ist, nach den Resultaten der Analyse nach dem gesonderten Verfahren, stets auf die Gegenwart von Zeolithen zu schliefsen: so hat man diese Fossilien doch nur in Drusenräumen, nicht aber in der Masse des Gesteins selbst erkannt. Die ungewöhnliche Menge von Eisenoxyduloxyd und von Wasser und vielleicht auch die Gegenwart von Hornblende deuten auf solche Veränderungen. Es ist sehr zu wünschen, dafs dieses Gestein einer wiederholten sorgfältigen mineralogischen und chemischen Untersuchung unterworfen werden möge; denn gerade da, wo sich so bedeutende Abweichungen in den mineralogischen und chemischen Zusammensetzungen von anderen ähnlichen Gesteinen zeigen, mufs unsere Aufmerksamkeit besonders angeregt werden.

Zieht man in IX. *A*. den Wassergehalt ab, so ergeben sich für die Kieselsäure im wasserfreien Basalte 48,68 Proc. Diese fällt zwischen Minimum und Maximum eines aus thonerdehaltigem Augit und Labrador bestehenden Gemengs (S. 630). Da überdiefs der Sauerstoffquotient fast 0,667 erreicht, so kann man diesen Basalt so ziemlich für ein solches Ge-

meng nehmen, wobei freilich zu beachten ist, dafs der vorhandene Olivin den Sauerstoffquotienten etwas erhöhen mufste. Uebrigens zeigt der bedeutende Wassergehalt im unveränderten Basalte, dafs auch dieser nicht mehr in seinem ursprünglichen Zustande sich befindet. Der Kieselsäuregehalt und der Sauerstoffquotient im veränderten Basalt IX. *B.* lassen nicht auf Augit und Labrador schliefsen. Berechnet man, bemerkt Ebelmen, die Zusammensetzung des unveränderten und des veränderten Basalts für eine gleiche Menge Thonerde:*) so findet sich, dafs $\frac{2}{3}$ der Kieselsäure, $\frac{1}{2}$ der Kalkerde, $\frac{9}{10}$ des Eisens, $\frac{5}{8}$ der Alkalien und $\frac{95}{100}$ der Magnesia fortgeführt wurden; mehr als 57 Proc. sind also vom Basalt verschwunden.

Jeden Falls zeigt sich, und diefs ist von besonderer Wichtigkeit, wie die Zersetzung des Basalts eine solche Richtung nehmen kann, dafs die Gewässer von der Kieselsäure mehr als von den Basen fortführen. Man könnte vermuthen, die Fortführung der Kieselsäure werde durch die Oxydation des Eisenoxydulsilicats bedingt, da die Verwandtschaft des Eisenoxyduls zur Kieselsäure durch den Uebergang des ersteren in Eisenoxydhydrat gelockert wird. Im vorliegenden Falle kann diese Ursache jedoch nur zum geringeren Theile gewirkt haben; denn die gröfsere Menge des Eisenoxyduls ist verschwunden, und kann nur entweder als Silicat oder als Bicarbonat fortgeführt worden sein. Eisenoxydhydrat gehört nämlich zu den unlöslichsten Substanzen, und kann daher von Gewässern kaum oder gar nicht fortgeführt werden. Wenn aber hieraus folgt, dafs die Kieselsäure aus einem Basalte in gröfserer Menge verschwinden kann, als die Basen, ohne dafs gleichzeitig die ganze Menge des Eisenoxyduls höher oxydirt zu werden braucht: so kann ein gegebener Basalt schon viel von seiner Kieselsäure verloren haben, ohne dafs sich diese Veränderung durch eine ocherige Färbung, wie wir sie in den Verwitterungsrinden dieses Gesteins so häufig wahrnehmen, zu erkennen giebt. Es ist, wie wir schon oft bemerkt haben, auch in dem vorliegenden Falle die Zer-

*) Da nämlich die Thonerde eine relative Zunahme zeigt, so kann von ihr entweder nichts oder nur wenig fortgeführt worden sein.

setzung der Gesteine an der, der Atmosphäre zugekehrten Oberfläche oder bis zu einer solchen Tiefe, bis zu welcher die atmosphärischen Einflüsse reichen, nämlich die eigentliche Verwitterung, wohl zu unterscheiden von den Zersetzungsprocessen, die in Tiefen statt finden, wo nur noch die Gewässer als solche, oder mit Hülfe der in ihnen aufgelösten Mineralsubstanzen verändernd wirken. Niemand wird läugnen, dafs hier die Kieselsäure von Gewässern aus einem Basalt eben so gut fortgeführt werden kann, als an der Oberfläche; denn der Sauerstoff und die Kohlensäure, welche die Tagewasser enthalten, können die Auflösung der Kieselsäure, oder eines Silicats nicht befördern; im Gegentheil, die Gegenwart der Kohlensäure hindert die unzersetzte Auflösung mehrerer Silicate. Wird aber die Kieselsäure theilweise aus einem Basalte fortgeführt, ohne dafs gleichzeitig das Eisenoxydul zu Eisenoxydhydrat wird: so fehlt für das Auge das Kennzeichen, woraus man auf die stattgefundene Veränderung schliefsen kann.

Man begreift daher, wie ein Gestein, in welchem der Kieselsäuregehalt weit unter das Minimum herabfällt, welches für ein augitisches Labradorgestein gilt, dennoch ein Basalt sein könne, wenn ihm durch Gewässer Kieselsäure unter Umständen entzogen wurde, unter welchen sich das Eisenoxydul nicht höher oxydirte, und wodurch die eingetretene Veränderung durch die veränderte Farbe hätte sichtbar werden können. Vielleicht dafs das Gestein VIII einem solchen Zersetzungsprocefs ausgesetzt gewesen war; denn vergleicht man es mit IX. *B*, mit einem Gesteine, welches notorisch ein veränderter Basalt ist: so wird es wahrscheinlich, dafs auch jenes Gestein durch Veränderung eines Basalts entstanden sein könne.

Auch das oben (S. 667. VI.) angeführte doleritartige Gestein dürfte aus einem augitischen Labradorgestein durch theilweise Ausscheidung von Kieselsäure hervorgegangen sein, wobei der gröfsere Theil des Eisenoxyduls und ein Theil des Kalks in Carbonate umgewandelt wurden. Sowohl diese Bildung von Carbonaten, als die grauschwarze Farbe dieses Gesteins deuten an, dafs eine Oxydation des Eisenoxyduls bei der Umwandlung nicht statt gefunden hat; denn erst bei der Verwitterung tritt dieser Oxydationsprocefs ein.

Das gänzliche Verschwinden des Olivins bei der Veränderung des Basalts IX erklärt die bedeutende Abnahme der Magnesia. Wenn wir daher bei den Umwandlungen des Augits so häufig eine Zunahme der Magnesia gefunden haben (S. 540 ff.), so kann uns umgekehrt eine Abnahme dieser Erde bei der Zersetzung des Basalts nicht befremden, da diese Abnahme dann in den meisten Fällen vom zersetzten Olivin herrührt. Wo also das mineralogische Auge im Basalt keinen Olivin mehr erkennen kann, würde die Analyse desselben Basalts im zersetzen Zustande, wenn sie eine Abnahme der Magnesia zeigt, mit Wahrscheinlichkeit auf Olivin schliefsen lassen. Es ist übrigens klar, dafs durch die so leicht von Statten gehende Zersetzung des Olivins den Gewässern kohlensaure Magnesia zugeführt wird. Daher können Gewässer, welche auf diese Weise in höheren Puncten eines Basalt-Vorkommens kohlensaure Magnesia aufgenommen haben, in tieferen Punkten durch Zersetzung des Kalksilicats im Augit und Labrador Magnesiasilicat bilden (S. 489.). So kann ein Basalt in höheren Puncten von seiner Magnesia verlieren, in tieferen dieselbe wieder aufnehmen.

Zieht man von X. *A.* den Wassergehalt ab, so ergeben sich für die Kieselsäure im wasserfreien Basalte 54,64 Proc., welche Zahl dem Maximum eines aus thonerdehaltigem Augit und Labrador bestehenden Gemenge sehr nahe kommt. Da überdiefs der Sauerstoffquotient bedeutend unter 0,667 fällt: so kann man, vorausgesetzt, dafs dieser Basalt ursprünglich blofs jene Gemengtheile enthielt, nur schliefsen, dafs ein Theil der Basen verschwunden ist. Berechnet man auch hier wieder, bemerkt Ebelmen, die Zusammensetzung des unveränderten und veränderten Basalts für eine gleiche Menge Thonerde: so ergiebt sich, dafs ein merklicher Antheil Kieselsäure *) mit fast $\frac{2}{3}$ des Kalks, der Magnesia und des Eisens verschwunden ist, und dafs die Alkalien fast in demselben Verhältnisse in beiden Substanzen sich finden. Die Zersetzung des augitischen Antheils scheint in diesem Falle der der labradorischen Grundmasse vorangegangen zu sein.

*) Diefs kann nur so zu verstehen sein, dafs die Kieselsäure absolut abgenommen hat; denn relativ hat sie zugenommen, da der Sauerstoffquotient in X. *B* kleiner, als in X. *A* ist.

Der theilweise Verlust an Basen, welcher, nach der Vergleichung von X. *A* mit X. *B*, während der Veränderung wirklich eingetreten war, mufs demnach schon beim sogenannten unveränderten Basalt statt gefunden haben; dieser war daher keineswegs mehr in seinem ursprünglichen Zustande, wie auch sein bedeutender Wassergehalt zeigt. Es ist gewifs nicht ohne Bedeutung, dafs aus dem Kieselsäuregehalt und dem Sauerstoffquotienten in X. *A* auf einen Procefs, nämlich auf einen theilweisen Verlust an Basen zu schliefsen ist, der in späteren Perioden in diesem Basalte wirklich eingetreten war. Wenn in solcher Weise Theorie und Erfahrung mit einander übereinstimmen: so mufs es Mineralogen einleuchten, wie sehr sie im Irrthum sind, wenn sie aus einem sogenannten frischen Ansehen der Gesteine schliefsen, dafs diese so, wie sie uns erscheinen, aus der mineralischen Werkstätte hervorgegangen seien.

Wie kommt es aber, dafs sich der Basalt ein Mal durch Verlust von Kieselsäure, ein ander Mal durch Verlust von Basen verändert? — Diefs scheint keinen andern Grund zu haben, als dafs unter gewissen Umständen die Zersetzung des Labradors der des Augits, unter andern die Zersetzung des letzteren der des ersteren vorangeht.

Die Zersetzung des Augits erfolgt, abgesehen von der Wirkung mineralischer Bestandtheile in den Gewässern, durch Kohlensäure und Sauerstoff zugleich, mögen beide durch unmittelbare Berührung des Fossils mit der Atmosphäre, oder absorbirt von Gewässern wirken; denn im Augit kommen Metalloxyde vor, welche einer höhern Oxydation fähig sind. Der Labrador dagegen, welcher nur geringe Mengen Eisen- und Manganoxydul enthält, wird, wenn man gleichfalls von der Wirkung der mineralischen Bestandtheile der Gewässer abstrahirt, vorzugsweise nur von der Kohlensäure zersetzt, obgleich wir nicht übersehen dürfen, dafs, namentlich beim Orthoklas, der Anfang der Zersetzung in einer Oxydation des Eisenoxyduls besteht (S. 295). In einem augitischen Labradorgesteine, auf welches Kohlensäure und Sauerstoff zugleich wirken, findet daher der Augit eher Gelegenheit zersetzt zu werden, als wenn Kohlensäure allein wirkt. In jenem Falle mag er demnach früher zur Zersetzung kom-

men, als der Labrador, und um so mehr wird dieser verschont bleiben, je mehr die Wirkung der Kohlensäure ausgeschlossen ist, und blofs der Sauerstoff zersetzend wirkt. Abgesehen von der Wirkung der mineralischen Bestandtheile der Gewässer, lassen sich mithin verschiedene Umstände denken, welche bald die Zersetzung des Augits, bald die des Labradors in erster Instanz herbeiführen. So können die Gewässer in den oberen Punkten eines Basaltberges bald ihre Kohlensäure bald ihren Sauerstoff zur Zersetzung des Gesteins verbrauchen, so dafs in den tieferen Puncten nur noch das eine oder das andere dieser Gase zersetzend wirkt. Durchziehen Kohlensäuregas-Exhalationen die tieferen Puncte eines Basaltberges, so kann die Oxydation des Eisen- und Manganoxyduls gänzlich ausgeschlossen werden, so dafs blofs die Kohlensäure wirkt. In diesem Falle ist der Labrador und Augit gleichen Angriffen ausgesetzt.

Im Basalte X. wirkte die Kohlensäure mehr zersetzend, als der Sauerstoff; denn vom Eisenoxydul ist weniger als die Hälfte als Eisenoxydhydrat zurück geblieben; daher mehr als die Hälfte als Carbonat fortgeführt worden. Damit stimmt auch überein, dafs dieser Basalt mit einer weifsen, zerreiblichen Zersetzungskruste überzogen ist; denn je weniger Eisenoxydhydrat zurückbleibt, desto weniger kann der veränderte Basalt braun gefärbt sein. Die Analyse dieser Kruste (X. *B.*) zeigt auch eine Zusammensetzung eines wenig veränderten Labradors mit den Ueberresten des zersetzten Augits (Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd). Sollte nicht das Magneteisen in dieser Kruste ein Zersetzungsproduct des Augits sein (S. 568)? Sollte es sich nicht in X. *A* finden, so würde eine solche Bildung nicht zu bezweifeln sein. Sonach ist die weifse Farbe eines veränderten Basalts ein mineralogisches Kennzeichen, dafs die Kohlensäure mehr als der Sauerstoff als Zersetzungsmittel gewirkt hat, während eine braune Farbe umgekehrt anzeigt, dafs das Eisenoxydul mehr durch Sauerstoff als durch Kohlensäure zersetzt worden ist.

Beim Basalte IX. stofsen wir auf ähnliche Verhältnisse: $\frac{3}{4}$ des Eisenoxyduls sind als Carbonat fortgeführt worden und nur $\frac{1}{4}$ ist als Eisenoxydhydrat zurückgeblieben. Also auch

hier hat die Kohlensäure mehr als der Sauerstoff als Zersetzungsmittel gewirkt.

Aufser diesen, von äufsern Agentien abhängenden Verschiedenheiten in der Zersetzung der Gemengtheile eines Basalts sind aber diese selbst, je nach ihrer verschiedenen Mischung, ungleich zersetzbar. Wenn wir sehen, wie oft unter nahe neben einander liegenden Krystallen in einem Gesteine der eine zersetzt, der andere noch ganz frisch ist: so kann es nicht befremden, wenn von verschiedenen Fossilien eines Gesteins bald das eine, bald das andere früher zur Zersetzung kommt.

Durchlaufen wir die Zersetzungen und Umwandlungen des Augits (S. 532 ff.), so stofsen wir auf eine Zunahme der Kieselsäure bei der Umwandlung dieses Fossils in Uralit, in Asbest, in Speckstein, in Cimolit, und in Opal. Wenn daher der augitische Gemengtheil eines Basalts eine von diesen Umwandlungs-Richtungen nimmt: so ist damit stets eine Zunahme der Kieselsäure verknüpft. Völlig übereinstimmend ist damit, dafs in X. *B*, wo nur der augitische Gemengtheil zersetzt worden sein kann, sich gleichfalls eine relative Zunahme der Kieselsäure zeigt.

Die Zersetzungen und Umwandlungen des Labradors sind zu wenig bekannt, als dafs man durch so viele pseudomorphische Processe, wie beim Augit, die umgekehrte Richtung in denselben nachweisen könnte, dafs nämlich dieses Fossil von seiner Kieselsäure verliert. Bei der Zersetzung des Orthoklas scheidet sich Kieselsäure aus (S. 302). Ist diefs beim Labrador, wie zu vermuthen, auch der Fall, und wird die Kieselsäure durch die Gewässer fortgeführt, während das Kaolin zurückbleibt: so zieht diese Zersetzung stets einen Verlust an Kieselsäure nach sich, da das Kaolin weniger Kieselsäure enthält, als der Labrador. Damit ist auch in Uebereinstimmung, dafs in IX. *B*, wo der Labrador des Basalts entschieden zersetzt worden, wie die bedeutende Verminderung der Alkalien zeigt, eine Abnahme der Kieselsäure statt gefunden hat. Es stimmt ferner damit überein, dafs in den oben (S. 651) angeführten Melaphyren Quarz vorkommt, der unzweifelhaft ein Ausscheidungsproduct, aber von den Gewässern nicht fortgeführt worden ist. Auch das so häufige Vorkommen quar-

ziger Bildungen in den Drusenräumen und Spalten der Mandelsteine zeigt nicht blofs die Ausscheidung der Kieselsäure aus dem Labrador, sondern auch ihre Fortführung durch Gewässer an. Da nämlich die Zersetzung des Augits, wie die oben angeführten Pseudomorphosen nach Formen von Augit darthun, nicht mit einer Ausscheidung von Kieselsäure verknüpft ist: so hat es nicht die mindeste Wahrscheinlichkeit, dafs jene quarzigen Bildungen von augitischen Gemengtheilen in den Mandelsteinen herrühren.

Zieht man in XI. *A* den Wassergehalt ab, so ergeben sich für die Kieselsäure im wasserfreien Basalte 45,64 Proc. Da diese Menge unter 47,05 Proc. herabgeht und der Sauerstoffquotient über 0,667 steigt: so mufs, sofern dieser Basalt blofs aus Labrador und thonerdehaltigem Augit bestehen sollte, Kieselsäure aus ihm schon fortgeführt worden sein. Er kann daher in diesem Falle kein unveränderter Basalt sein. Berechnet man abermals, bemerkt Ebelmen, die Zusammensetzung für eine gleiche Menge Thonerde: so findet sich, dafs in der ersten Periode der Zersetzung der Basalt fast alle Alkalien mit Kieselsäure, Magnesia und Eisen verloren hat. In der zweiten Periode schied sich der gröfste Theil der Kalkerde und der Magnesia mit einem sehr merklichen Antheil von Kieselsäure und Eisen aus. Das zurückbleibende Eisen ist ganz zu Eisenoxyd geworden. Die erste Periode entspricht der Zersetzung des labradorischen Gemengtheils des Basalts, die zweite der Zersetzung des Augits und des Olivins.

Gegen Ebelmen's Schlüsse überhaupt ist zu erinnern, dafs bei der Zersetzung der Gesteine wohl nur in den seltensten Fällen ein Bestandtheil derselben völlig constant bleibt. Da die Thonerde nicht, wie die alkalischen Erden und Eisen- und Manganoxydul, durch kohlensaure Gewässer extrahirt werden kann, da sie zu den unlöslichsten Erden gehört: so wird sie bei der Zersetzung des Basalts gewifs am wenigsten fortgeführt. Da aber die Basen überhaupt nicht als solche, sondern theils als Silicate theils als Carbonate fortgeführt werden, da die Pseudomorphosen entschieden darauf hinweisen, dafs Thonerdesilicat in Gewässern vorhanden ist: so kann ein solches Silicat bei der Zersetzung des Basalts wohl zu- oder fortgeführt werden. Nimmt man daher die

Thonerde zum Anhaltepuncte, ob von diesem oder jenem Bestandtheile verloren ging: so kann man leicht getäuscht werden. Es erscheint uns sicherer, wenn man bei solchen trefflichen Analysen, wie sie Ebelmen angestellt hat, nur ermittelt, ob die Kieselsäure oder die Basen eine Zu- oder Abnahme erlitten, und unbestimmt läſst, ob nur diese oder auch jene abgenommen haben. So genügt es z. B. zu wissen, daſs in XI. *B* die Menge der Sauerstoffantheile der Basen gegen den Sauerstoff der Kieselsäure geringer ist, als in XI. *A*; ob sich gleichzeitig mit der notorischen Verminderung der Basen auch die Kieselsäure, natürlich in einem geringeren Verhältnisse, vermindert habe, bleibt dann unbestimmt. Diese Abnahme der Kieselsäure ist indeſs wahrscheinlich, weil, nach dem Obigen, bei der Zersetzung des Labradors, welche der fast gänzliche Verlust der Alkalien entschieden anzeigt, stets eine Abscheidung von Kieselsäure statt findet, obwohl sich, wenn man dieselbe in XI. *B* auf den wasserfreien Basalt reducirt, eine relative Zunahme von 1,87 Proc. ergiebt. Da wir schon im Basalte XI. *A* einen voraus gegangenen Verlust an Kieselsäure anzunehmen uns genöthigt sahen, wozu noch kommt, daſs die Alkalien im Verhältnisse zu den andern Basalten nur in geringer Menge vorhanden sind: so haben wir um so mehr Grund, eine schon früher begonnene Zersetzung des Labradors in diesem Basalte zu vermuthen.

Ebelmen's Annahme, daſs auch in der zweiten Periode der Zersetzung ein sehr merklicher Antheil von Kieselsäure ausgeschieden wurde, können wir nicht theilen, weil, wenn wir die Kieselsäure auf wasserfreien Basalt reduciren, ihre Menge bis auf 53,39 Proc. steigt, und die Zersetzung des Augits, welche dieser Periode angehört, nicht mit einer Ausscheidung von Kieselsäure verknüpft sein kann. Was den Olivin betrifft, so können wir gleichfalls nicht mit Ebelmen übereinstimmen; denn nach allen bisherigen Erfahrungen ist dieses Fossil stets das erste im Basalt, welches der Zersetzung unterliegt. Uebrigens zeigt sich auch schon in der ersten Periode eine Verminderung der Magnesia, welche nicht der Zersetzung des, Magnesia gar nicht oder nur in sehr geringer Menge enthaltenden Labradors zugeschrieben werden, sondern nur vom Olivin herrühren kann. Wir glauben daher Ebel-

men's Schlufs dahin berichtigen zu müssen, dafs in der ersten Periode die Zersetzung des Labradors mit Ausscheidung von Alkalien und Kieselsäure, in der zweiten die Zersetzung des Augits mit Ausscheidung der Kalkerde, aber ohne Verlust von Kieselsäure erfolgte, dafs aber die Zersetzung des Olivins beide Perioden durchläuft. Dem Magnesiagehalte des Basalts XI. *A* gemäfs kann indefs der Olivin nur wenig betragen, da jeden Falls ein Theil dieser Erde dem Augit zukommt. Diese geringe Menge Magnesia kann daher die oben aus dem Kieselsäuregehalte und aus dem Sauerstoffquotienten gezogenen Schlüsse nur wenig beeinträchtigen.

An der Zersetzung dieses Basalts nahm der Sauerstoff einen grofsen Antheil; denn in XI. *C* scheint sich der gröfste Theil oder die ganze Menge des Eisenoxyduls von XI. *A* wieder zu finden. Man möchte vermuthen, dafs sich die Wirkung der Kohlensäure hauptsächlich auf die Fortführung der Kalkerde, der Magnesia und der Alkalien als Carbonate beschränkt habe.

So zeigt denn die Vergleichung der Zersetzungsprocesse in IX und X mit denen in XI, dafs, je nach Verschiedenheit der Umstände, das Eisen bald mit den Basen fortgeführt wird, bald als Oxydhydrat zurückbleibt.

Wenn durch Zersetzung des Labradors im Basalte Kieselsäure ausgeschieden wird, durch Zersetzung des Augits aber eine relative Zunahme derselben erfolgt: so können in gewissen Fällen beide Zersetzungsprocesse in solchem Verhältnisse erfolgen, dafs sich die relative Menge der Kieselsäure gar nicht verändert. Dem gemäfs können bedeutende Zersetzungen in einem Basalte von Statten gegangen sein, ohne dafs die chemische Analyse des unveränderten und des veränderten Basalts, in Beziehung auf die relativen Verhältnisse der Kieselsäure, darauf hinweiset.

Der Sauerstoffquotient des Basalts XII, nach der Reduction, übertrifft nur sehr wenig denjenigen, welcher für ein Gemeng aus thonerdehaltigem Augit und Labrador gilt, und reducirt man den Kieselsäuregehalt auf ein Magneteisen-freies Gestein: so erhält man 48,38 Proc. Man kann sonach diesen Basalt um so mehr für ein Gemeng aus jenen Fossilien halten, als durch die Behandlung desselben mit Säuren die Gegenwart derselben nachgewiesen worden, und als die Vor-

aussetzung, das Eisenoxydul, die Kalkerde und die Magnesia in den Carbonaten seien in der analysirten Masse ursprünglich als Silicate vorhanden gewesen, eine sehr schwankende ist. Eine genaue Bestimmung ist daher nicht möglich.

Der bedeutende Gehalt an kohlensaurem Eisenoxydul ist in Uebereinstimmung mit Ebelmen's Analysen, wonach bei Zersetzung der Basalte bedeutende Quantitäten Eisen als Carbonat fortgeführt werden. Geschieht es, dafs dieses Carbonat da abgesetzt wird, wo es früher als Silicat existirte, so wird ein Basalt, wie der von XII entstehen. Ein solcher Fall scheint übrigens, da keine der übrigen Basalt-Analysen die Gegenwart von kohlensaurem Eisenoxydul nachweisen, nur selten vorzukommen. Gegen die Annahme, dafs die Carbonate in diesem Basalte keine ursprünglichen Bildungen seien, wird man freilich seinen frischen Zustand geltend machen. Wir glauben indefs dieses Argument schon an verschiedenen Stellen dieses Werkes und erst wieder oben (S. 710) entkräftet zu haben. Am allerwenigsten ist anzunehmen, dafs Carbonate in der vorausgesetzten feuerflüssigen Masse hätten existiren können, ohne zersetzt und in Silicate umgewandelt worden zu sein. Uebrigens spricht für den veränderten Zustand des Basalts XII ganz besonders der bedeutende Wassergehalt, und die sehr geringe Menge Natron, welche weniger beträgt, als in den übrigen Basalt-Analysen, und sonach auf einen schon sehr zersetzten Labrador schliefsen läfst.

Bergemann's Analyse zeigt übrigens sehr auffallend, wie unsicher die Schlüsse sind, welche aus dem gesonderten Verfahren gezogen werden. Soll nämlich der durch Salzsäure zerlegte Antheil von Zeolithen herrühren: so erhält man, nach Abzug der Carbonate, welche keine Bestandtheile derselben sein können, eine Mischung aus

Kieselsäure	76
Thonerde	20
Natron	4

welche auch nicht die mindeste Aehnlichkeit mit irgend einem Zeolithe hat.

XIII. *A* und *B* sind Basalte, deren Labrador völlig zersetzt und dessen Alkalien fortgeführt worden sind. Dafs hier

aufser den Alkalien auch Basen, namentlich die Kalkerde gänzlich und auch Kieselsäure verschwunden sind, unterliegt keinem Zweifel. Den Verlust an Kieselsäure deuten die über 0,67 steigenden Sauerstoffquotienten, und in XIII. *A* der unter das Minimum fallende Kieselsäuregehalt an. Sehr bemerkenswerth ist, dafs, ungeachtet der bedeutenden Zersetzung, welcher dieser Basalt erlegen ist, dennoch der bei weitem gröfste Theil des Eisenoxyduls keine höhere Oxydation erlitten hatte. Wir würden an der richtigen Bestimmung der relativen Mengen des Eisenoxyduls und des Eisenoxyds zweifeln, wenn nicht auch die grünlichgraue Färbung des zersetzten Basalts anzeigte, dafs dieses nur in geringer Menge vorhanden sein konnte.

In Beziehung auf die oben (S. 702.) nachgewiesene Aehnlichkeit zwischen dem zersetzten Basalte vom *Virneberg* und dem aus dem *Fassathale* ist zu bemerken, dafs auch die Vergleichung der Analyse des ersteren mit der des letzteren (S. 563.) dieselbe Aehnlichkeit erkennen läfst. Diese Aehnlichkeit würde noch gröfser sein, wenn die grünen Pünctchen in jenem abgesondert von der Grundmasse hätten analysirt werden können. Daher ist auch der Thonerdegehalt in jenem viel gröfser, als in diesem. In beiden Basalten ist aber das Eisenoxydul überwiegend gegen das Eisenoxyd. Im Basalte aus dem *Fassathale* zeigt sich noch, jedoch in ungleichen Verhältnissen, der Kalk als Carbonat, mithin als ein von den Gewässern noch nicht ganz fortgeführtes Zersetzungsproduct des Kalksilicats. Im Basalte vom *Virneberg* ist dagegen der Kalk ganz verschwunden, und Magnesia an seine Stelle getreten. Dieser Basalt ist daher in seiner Zersetzung noch weiter fortgeschritten, als der aus dem *Fassathale*, welches auch damit übereinstimmt, dafs in diesem noch Alkalien, welche die zersetzten Augite ohne Zweifel aus dem Labrador aufgenommen haben, vorhanden sind.

Die Analysen XIV. *A*. *B*. und *C*. zeigen, wie mit der Zersetzung des Basalts bis zum völligen Zerfallen in Erde das Kali kaum in einem merklichen, das Natron dagegen in einem viel gröfseren Verhältnisse abnimmt, so dafs in der Basalterde kaum noch $\frac{2}{3}$ von dem vorhanden ist, was

sich im festen Basalt findet *). Je frischer der Basalt, desto mehr, und je mehr er zersetzt ist, desto weniger wird von der Salzsäure extrahirt, welches in Uebereinstimmung mit

*) Dieses Resultat (in Uebereinstimmung mit dem schon früher von Struve gefundenen, wonach im verwitterten Basalt gleichfalls weniger Natron und mehr Kali, als im unzersetzten ist) veranlafste meinen Sohn zu nachstehenden Bemerkungen, welche hier nicht am unrechten Orte stehen dürften. „Richten wir, sagt er, unser Augenmerk auf das Meer, auf die Flüsse, Seen und Quellen, besonders auf die sogenannten Säuerlinge: so erscheinen die Natronsalze im Verhältnisse zu den Kalisalzen als die bei weitem vorherrschenden. Da man selbst die Bestandtheile im Meerwasser, und mithin das in so überwiegender Menge darin enthaltene Chlornatrium, nicht als etwas Ursprüngliches betrachten kann, indem ganz unzweifelhaft das, was wir in den Gewässern überhaupt finden, den Gesteinen und den daraus entstandenen Bodenarten entzogen worden ist (Bd. I. S. 572 ff. dieses Werkes): so ergiebt sich, dafs die Extraction des Natrons aus diesen Massen in einem bei weitem gröfsern Verhältnisse statt gefunden haben müsse, als die des Kali. Diefs ist auch in völliger Uebereinstimmung mit dem Umstande, dafs natronhaltige Gesteine leichter verwittern, als kalihaltige, und dafs, wenn beide Alkalien, wie ohne Zweifel in allen Fällen, zugleich vorhanden sind, das Natron in gröfserem Verhältnisse, als das Kali extrahirt wird. Diefs stimmt auch mit dem ausschliefslichen Kaligehalt des Thonschiefers, nach Frick, und des Alaunschiefers von *Bornholm*, nach Forchhammer, vollkommen überein; denn was für ein Gestein es auch gewesen sein mag, welches das Material zur Bildung der mächtigen Thonschiefer-Formation geliefert hat: so kann man sich doch nicht wohl denken, dafs in ihm gar keine natronhaltigen Feldspathe vorhanden gewesen sein sollten. Alle krystallinischen Gesteine und selbst die granitischen enthalten natronhaltige Feldspathe, und dieser Natrongehalt überwiegt ja das Kali im Oligoklas und auch die von Svanberg (Berzelius Jahresbericht XXIII. S. 283.) untersuchten feldspathartigen Substanzen aus *skandinavischen* Graniten sind mehr oder weniger reich an Natron. Das kann man sich aber sehr gut denken, dafs gerade, während der sedimentären Bildung des Thonschiefers, von dem damaligen Meerwasser das Natron vorzugsweise ausgezogen wurde, und das Kali vorzugsweise zurückblieb.

Der vorherrschende Natrongehalt in Gewässern, und die leichtere Zersetzung und Auslaugung der Natronsilicate in den Gesteinen und Erden führt aber in Beziehung auf den Natrongehalt im

dem Basalte von *Wetzlar* (S. 699.) beweiset, dafs ebenso, wie diese Säure, auch die kohlensauren Wasser extrahiren. Es ist indefs nicht zu übersehen, dafs das von der Salzsäure Extrahirte nicht die ganze Menge desjenigen darstellt, was von ihr zersetzt wurde; denn die diesem entsprechende Kieselsäure blieb beim Rückstande. Aus dem festen und durchlöcherten Basalte zog Salzsäure Kali und Natron so ziemlich in demselben Verhältnisse, wie beide Alkalien im Rückstande enthalten sind, aus. Es ist daraus zu schliefsen, dafs das Extrahirte wie der Rückstand so ziemlich denselben feldspathigen Bestandtheil (Labrador) enthalte: ein abermaliger Beweis, dafs die Analyse nach dem gesonderten Verfahren keine brauchbaren Resultate liefert.

Von der Zersetzung und Verwitterung der Basalte war früher (Bd. I. S. 238 und Bd. II. S. 338) schon die Rede. Neuere Beobachtungen habe ich seitdem angestellt, wozu die zahlreichen basaltischen Punkte in unserer Gegend vielen Stoff darbieten. Sie folgen hier, weil es zweckmäfsig schien, die

Boden ganz entgegengesetzte Verhältnisse herbei. Denken wir uns z. B. einen über das Grundgebirge hervorragenden Basaltkegel, aus welchem durch die Meteorwasser nur Stoffe fort- aber keine zugeführt werden: so ist klar, dafs, obgleich im unzersetzten Basalt das Natron gegen das Kali vorherrscht, in der Basalterde dieses Verhältnifs sich umkehren müsse, weil das Natron mehr, als das Kali extrahirt wird. Auf der andern Seite wird in Niederungen, welche der Ueberschwemmung durch Flüsse ausgesetzt sind, oder über welche Kohlensäuerlinge fliefsen, der Natrongehalt zunehmen, wenn die Gewässer in ihnen eintrocknen, und diese Zunahme mufs um so merklicher werden, je mehr Kali als Natron durch die auf solchen Niederungen wachsenden Pflanzen dem Boden entzogen wird. Obgleich sich diese Verhältnisse schon a priori ergeben, so dürfte es doch nicht überflüssig sein, auf die Natronseen, welche sich in *Ungarn*, *Aegypten*, und an mehreren Stellen in *Asien*, *Africa* und *America*, unter andern in *Columbien* finden, zu deuten; denn hier zeigt sich ganz deutlich, wie da, wo Quellen eintrocknen, der Boden an Natronsalzen zunimmt. So enthält nach Chancourtois's Analyse (Compt. rend. T. XXI. P. 1111.) das Wasser des *Van-See's* im südlichen *Armenistan*, nahe an der *persischen* Grenze, 2,132 Proc. Natron- und nur 0,055 Kalisalze.

Analysen unveränderter und veränderter Basalte vorausgehen zu lassen, welche, wie namentlich die Analysen Ebelmen's, uns erst mit den wahren chemischen Verhältnissen der Zersetzungsprocesse dieser Gesteine vertraut gemacht haben.

Die von aufsen nach innen fortschreitenden Veränderungen der Basaltsäulen habe ich nirgends so scharf und deutlich begrenzt gefunden, wie in dem schon angeführten (Bd. I. S. 238) untern Basaltbruche des *Minderbergs* bei *Linz* *).

Ein vorliegendes Bruchstück einer unregelmäfsig fünfseitigen Säule von 5 Zoll 6 Lin. Dicke zeigt auf der Durchschnittsfläche die parallel mit den Seitenflächen von aufsen nach innen fortschreitende Veränderung, so dafs der innere, noch nicht merklich veränderte Kern ein, dem äufseren ziemlich ähnliches, inneres Fünfeck bildet. Die Ecken des inneren sind aber nicht so scharf, wie die des äufsern Fünfecks; denn da in der Nähe der äufsern Ecken die Gewässer, von je zwei Seitenflächen nach innen dringend, sich hier kreuzen: so mufsten, indem sie zersetzend wirkten, abgerundete Ecken entstehen **). Man nimmt drei verschiedene Veränderungen von aufsen nach innen wahr: 1) eine ganz scharf begrenzte lichtaschgraue, feinkörnige Rinde von $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ Lin. Dicke, welche jedoch viele kleine, ocherbraune Parthien auf der äufsern Fläche enthält; 2) eine Zone von bräunlicher Farbe 8—9 Lin. dick, worin die Olivine hyacinthroth geworden sind; 3) eine minder scharf begrenzte Zone von etwa 3 Lin. Dicke, in welcher der Basalt blofs etwas dunkler, wie wenn er feucht wäre, erscheint. Darauf folgt der innere, dem Anscheine nach ganz unveränderte Basalt.

Diese drei Veränderungs-Zonen sind keine abgesonderten Schalen, sondern sie bilden in der Masse ein Continuum.

*) Da diese schlanken Säulen sehr häufig als Pfosten für Geländer an den hiesigen Landstrafsen dienen: so hat man oft Gelegenheit, diese Veränderung zu beobachten.

**) In einer Säule von ungefähr 1 Fufs Dicke, deren Querschnitt fast ein Quadrat bildete, dessen entgegenstehende Kanten etwas entrandet waren, zeigte sich der innere Kern fast kreisrund. Es ist begreiflich, dafs eine Säule von regelmäfsiger Figur, namentlich ein Sechseck, im Innern einen runden unveränderten Kern zurücklassen würde.

Die äufsere Rinde hat die geringste Härte; denn sie wird von den innern Zonen und vom Kerne geritzt. Die Zone 2 ist aber härter, als der Kern.

Der Querschnitt der äufsern Rinde betrug	1,07	Quadratzoll.
der beiden veränderten Zonen . . .	10,2	"
	11,27	"
des innern Kerns	10,2	"

Der gröfsere Theil der Basaltsäule war daher schon in sichtbarer Veränderung begriffen.

In diesem Basalte haben offenbar zwei verschiedene Zersetzungen statt gefunden. Die aschgraue Farbe der äufsern Rinde zeigt, dafs ein Theil des Eisens fortgeführt wurde, ein anderer in den kleinen ocherbraunen Parthien zurückgeblieben ist. Die bräunliche Farbe der Zone 2 weiset dagegen eine höhere Oxydation des Eisens nach. Vielleicht dafs dadurch Kieselsäure ausgeschieden, aber nicht fortgeführt wurde, und defshalb die Härte zunahm. Die Kohlensäure der eingedrungenen Gewässer scheint das Eisen in der Rinde in Carbonat umgewandelt zu haben, welches, da es zwischen den Absonderungsflächen der Säulen immerfort mit neuen Gewässern in Berührung kam, von denselben fortgeführt wurde. Die seitwärts in die Säulen gedrungenen Gewässer, welche durch diese Carbonat-Bildung ihre Kohlensäure verloren hatten, konnten in der Zone 2 nur noch durch ihren Sauerstoff zersetzend wirken und wandelten daher das Eisenoxydul in Oxydhydrat um. Die dunklere Farbe der Zone 3 zeigt den Anfang dieser Umwandlung, und dafs gerade eine sehr dunkle Färbung des Basalts eine schon begonnene höhere Oxydation des Eisens andeuten kann.

Die äufsere Rinde und die veränderten Zonen brausten nirgends mit Säuren. Die Carbonate, namentlich der kohlensaure Kalk, welche, besonders in jener äufsern Rinde, ganz gewifs entstanden waren, wurden daher von den Gewässern fortgeführt.

Merkwürdig ist aber, dafs an einigen Pünctchen im innern Kerne die Säure einige Bläschen entwickelte. Als zwei Tropfen Salpetersäure auf den Kern eines andern Basaltstücks gegossen wurden, zeigte das Röthen des Lackmus-

papiers beim Durchschlagen nach drei Tagen, dafs die Säure 1 Zoll tief eingedrungen war. Als dagegen ein anderes Stück in verdünnte Schwefelsäure unter die Luftpumpe gebracht und die Luft ausgepumpt wurde, wobei eine grofse Menge Luftbläschen aus dem Basalte entwichen, war, nach dem Durchschlagen, nur auf einer Bruchfläche die Gegenwart der Säure wahrzunehmen. Dieser Versuch zeigt das Eindringen von Flüssigkeiten durch Haarspalten in kurzer Zeit, und erklärt, wie kohlensäurehaltige Gewässer mitten im Gesteine eine Bildung von Carbonaten veranlassen können, jener zeigt das Dringen derselben durch die ganze Masse des Gesteins.

Schon oben (S. 339) wurde bemerkt, wie man nicht selten mitten in noch ziemlich frischem Basalte kleine ochergelbe Flecke findet. Diese Erscheinung habe ich seitdem sehr häufig, aber auch gleichzeitig an diesen Stellen ein Brausen mit Säuren und manchmal sogar die mikroskopischen Haarspalten selbst wahrgenommen. Ohne Zweifel drang bis zu diesen Stellen Wasser mit seinem ganzen, wenn auch immer nur spärlichen Gehalte an Sauerstoff und Kohlensäure. Unterscheiden wir dieses Eindringen durch Haarspalten von dem Durchdringen des Wassers durch die ganze Masse des Gesteins, so wird es uns leichter, manche räthselhafte Erscheinungen in der Zersetzung desselben zu erklären.

Die aschgraue Rinde der Basaltsäulen gehört zu den gewöhnlichen Erscheinungen: ein Beweis, dafs die Zersetzung an ihren äufsern Flächen meist dieselbe Richtung nimmt, und dafs die Gewässer kohlensaures Eisenoxydul fortführen.

Die Zersetzung der Basaltsäulen zeigt sich manchmal ganz nahe neben einander sehr verschieden. So fand ich in dem Basaltbruche bei *Dattenberg*, oberhalb *Linz*, der sich durch sehr lange, schlanke Säulen auszeichnet, zwischen veränderten Säulen eingeschlossen, eine Säulen-Reihe, deren Farbe sich an den äufsern Flächen wenig von der im Innern unterschied, während die angrenzenden Säulen-Reihen einen ocherigen Ueberzug hatten. Die letzte Säule der angrenzenden Reihe zeigte einen ocherigen Ueberzug und die nebenliegende der eingeschlossenen hatte die fast unveränderte innere Farbe. Der ocherige Ueberzug bildete eigenthümliche Zeichnungen. Auf der hellbräunlichen Grundfarbe waren nämlich parallele

Streifen von dunkelbräunlicher Farbe, die sich nach der Länge der Säulen, aber mit mancherlei Windungen und Krümmungen fortzogen. An manchen Säulen hatten sie eine täuschende Aehnlichkeit mit einem abgehobelten Brett aus Kiefernholz. Es sind offenbar eisenhaltige Gewässer, welche an den Säulenflächen herabfliefsend, das Eisen als Ocher abgesetzt haben.

Auf Quersprüngen, welche die Säulen ganz durchsetzen, sind die Bruchflächen meist mit einem ocherbraunen Ueberzuge bedeckt; denn hier findet eine freie Wasser-Circulation statt, und die Bruchflächen sind auch gewöhnlich feucht. Das Gefrieren dieser Feuchtigkeit bewirkt das Auseinanderspringen solcher Säulen. Sie verwittern manchmal zu Kugeln und Platten. Nach gänzlicher Verwitterung zu Erde zeigt sich bisweilen eine Art von Schichtung.

Basaltgerölle an steilen Abhängen zeigt selten ochergelbe Ueberzüge oder doch nur kaum von Papierdicke. Es braust auch selten mit Säuren. Dieser geringe Grad der Zersetzung rührt wahrscheinlich davon her, dafs die Gewässer in solchem Gerölle nicht stagniren. Dagegen in anstehenden Basaltsäulen, besonders in der Nähe der Thalsohle, wo zwischen denselben Gewässer circuliren oder gar stagniren, sind bei weitem günstigere Verhältnisse zur Zersetzung gegeben. Daher findet sich in den Basaltbrüchen die Sohle häufig mehr oder weniger zersetzt, manchmal ganz in Erde umgewandelt, und erst in den oberen Teufen erscheinen die Säulen, oder der feste Basalt. Kommen Quellen aus Basalt, so ist mit Gewifsheit auf bedeutende Zersetzungen im Innern der Massen zu schliefsen.

Wie sehr viel langsamer hervorragende Basaltmassen zersetzt werden, zeigen die mauerartigen Vorsprünge der Basaltgänge, die sich über das Grundgebirge oft sehr bedeutend erheben. So ragt unfern *Aubenas* im *Vivarais* ein sehr mächtiger basaltischer Gang auf dem Gipfel eines Muschelkalkberges 30 Fufs über die Oberfläche hervor. Bei *Arragh* in *Irland* erhebt sich ein basaltischer Gang, einer senkrechten Scheidewand gleich, sogar 40 Fufs *).

Durch saure Dämpfe, Schwefelwasserstoff und Salzsäure,

*) v. Leonhard die Basaltgebilde. Abth. II. S. 124 ff.

werden die Basalte stark angegriffen. Reinwardt beobachtete auf der Insel *Java* in der Nähe von Vulkanen und Solfataren auffallende Zersetzungen dieser Art. Wo Schwefeladern den Basalt durchziehen, oder Schwefel die äufsern Flächen bedeckt, ist auf kein anderes Zersetzungsmittel, als auf Schwefelwasserstoff zu schliefsen (S. 166). Auch am *Jorulle* sind die basaltischen Massen von sauren Dämpfen sehr zersetzt.

Schon früher wurde bemerkt, dafs ganz zersetzter Basalt gewöhnlich nicht mehr braust, weil in ihm nicht blofs die Basen in Carbonate umgewandelt, sondern diese auch durch die Gewässer fortgeführt worden sind.

Augitkrystalle in basaltischen Massen widerstehen meist der Zersetzung. Daher finden sie sich oft in grofser Menge theils frisch, gröfsern Theils aber angegriffen und löcherig da, wo solche Massen gänzlich verwittert sind.

Auf der Kuppe des *Minderbergs* trifft man Baumwurzeln an, worin gröfsere und kleinere Bruchstücke von Basaltsäulen wie eingewachsen sind. Manche dieser Bruchstücke sind ganz von Holz umgeben. Die Wurzelfasern sind zwischen die Querklüfte eingedrungen, mit zunehmender Dicke trieben sie die Säulen aus einander und umhüllten nach und nach die Bruchstücke. Diese sehr häufig vorkommende Erscheinung zeigt, wie die Vegetation die Zersplitterung der Säulen und ihre demnächstige Zersetzung sehr begünstigt. Sterben jene Wurzeln ab und zerfällt der Basalt zu Erde, so tritt wahrscheinlich der Bd. I. S. 940 erwähnte Fall ein, dafs das Eisenoxydhydrat zu Oxydul reducirt und als Carbonat fortgeführt wird.

Wir kommen zum schwierigsten Theile dieses Kapitels, zur Genesis der Basalte, und damit auch zur Genesis der Melaphyre, Dolerite u. s. w. Hoffentlich wird man nicht verkennen, dafs wir mit völliger Unpartheilichkeit zu Werke gegangen sind. Aber eben defshalb war es nöthig, längst bekannte und, dem Anscheine nach, längst abgemachte Gegenstände noch einmal kritisch zu beleuchten.

Auf ein sehr wichtiges Verhältnifs „dafs nämlich die Höhe der Basaltkegel und der Vulkane, der Kraterränder und der auf ihnen liegenden Köpfe in einer bestimmten Abhängigkeit von der Höhe des durchbrochenen und umgebenden Grundgebirges, der Grauwacke, des Kalksteins der *Eifel* und des bunten Sandsteins steht" macht v. Dechen *) aufmerksam. „Wo die Hochfläche ihre gröfste Erhebung erlangt, liegen auch die höchsten Basaltberge und Kraterränder, wo sie herabsinkt zu ihrem durchschnittlichen Werthe, überragen die einzelnen Köpfe der Durchbrüche sie nur um dieselbe Gröfse. Wo sich die Hochfläche in flachen Mulden erniedrigt, nicht immer der gegenwärtigen Thalsohle entsprechend, auch da sinkt die Höhe der Basalte, der Schlackenberge herab und tritt nicht weiter hervor über die nahe gelegenen Flächen, als in den höheren Landstrichen." So erhebt sich die 2340 par. Fufs über der Meeresfläche gelegene *Hohe Acht*, der höchste Basaltkegel in der *Eifel*, 220 Fufs über das Grauwackengebirge. Nicht sehr weit von demselben, bei *Kaltenborn*, erhebt sich die Grauwacke von allen Seiten ziemlich gleichmäfsig und flach ansteigend zu einer hohen Kuppe, auf deren höchstem Puncte sich ein ungefähr 100 Fufs hoher Basaltkegel, der *Kaltenborner Kopf* befindet. Der 1626 Fufs über dem Meere liegende *Mosenberg* mit seinen vier Kratern, der ausgezeichneteste unter den erloschenen Vulkanen der *Eifel*, erhebt sich 250—300 Fufs über das Grauwackenplateau. Beim Dorfe *Gees* ragt eine Basaltkuppe ungefähr 100 Fufs über den bunten Sandstein hervor. Die 1276 Fufs hohe *Falkenley*, bei *Bertrich*, liegt über der Grauwacke 82 Fufs.

Dieser Schlackenkegel, das 1262 Fufs hohe *Hüstchen*, mit einem rings umschlossenen Krater, der *Tümmelbusch*, eine basaltische Felsenparthie, liegen von dem 700 Fufs tief eingeschnittenen *Uesbachthale* nur 1900 bis 2500 Fufs seitwärts. Mit v. Dechen **) mufs man es auffallend finden, wie diese vulkanischen Ausbrüche in solcher Nähe des Thales die Höhe gesucht und die gröfsere Masse durchbrochen haben, während

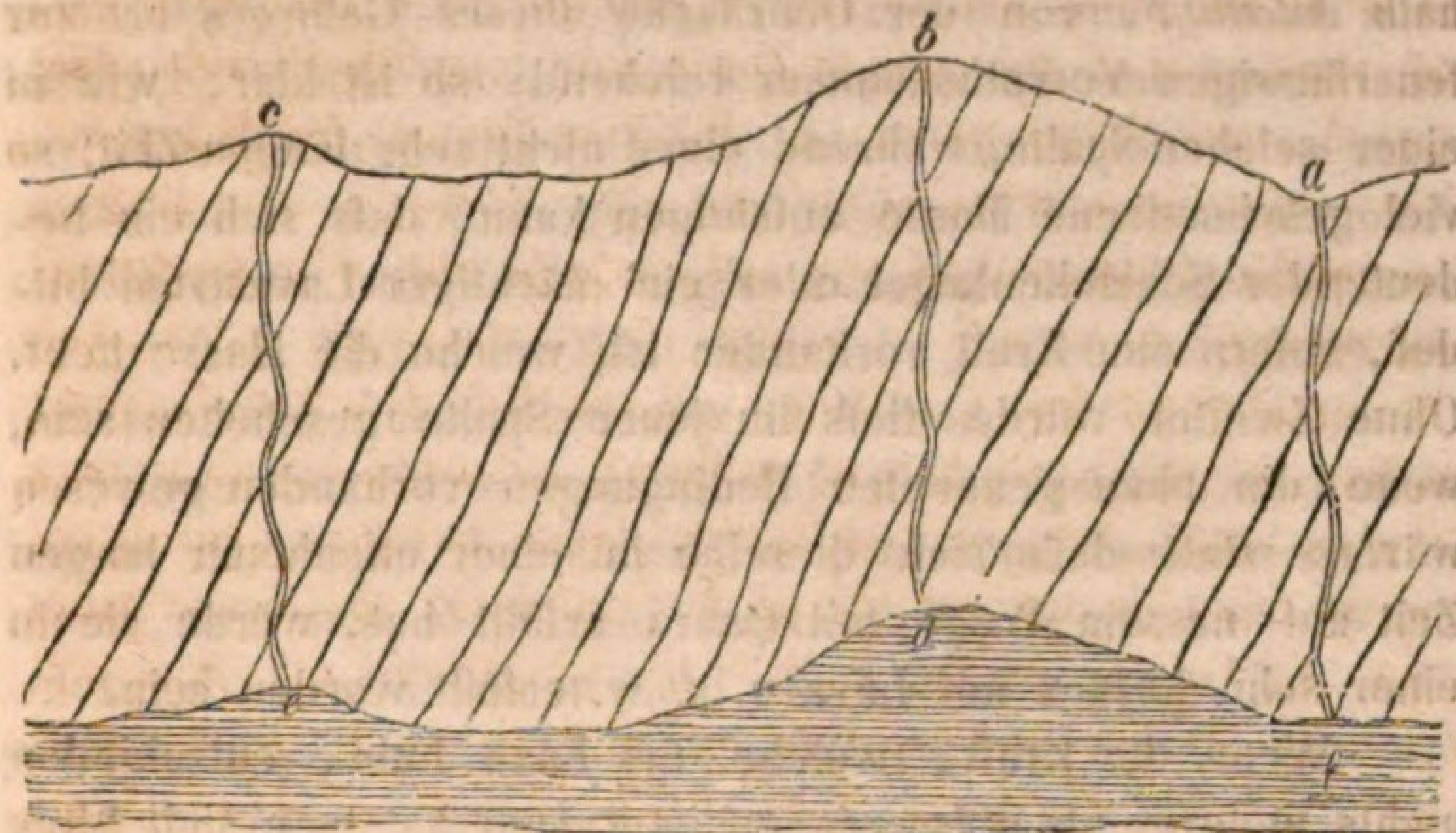
*) Geognost. Uebersicht der Umgegend Bertrichs in „das Bad Bertrich 1847. S. 25."

**) S. 19.

ihnen in der Nähe ein leichterer und kürzerer Ausweg geboten war, warum die vulkanische Spalte, auf der sie liegen, nicht im *Uesbachthale* selbst die Oberfläche erreicht habe. Diese hier so auffallende Erscheinung findet sich überall in der *Eifel* wiederholt, obgleich nirgends in einem so auffallenden Grade.

Man kann durchaus nicht annehmen, dafs diese vulkanischen Ausbrüche vor der Thalbildung erfolgt seien; denn im *Uesbachthale* findet sich auf bedeutenden Strecken, oberhalb *Bertrich* bis zur *Falkenkaul*, eine Einfassung von demselben basaltischen Gesteine in Pfeilern und Säulen abgesondert, wie solches auf der Höhe als Uebergang in die Schlakken vorkommt. Es hat ganz das Ansehen des Ueberrestes eines Lavastroms, der sich in das Thal ergossen hat, und zum Theil durch die fortdauernde Wirkung des darin fliefsenden Wassers wieder zerstört worden ist. Auch die Lavaströme des *Mosenberges*, des Kraters bei *Gerolstein*, von den Schlakkenbergen im Thale von *Hohenfels* u. s. w. ziehen sich in Thäler hinab. Diese waren also vor den vulkanischen Ausbrüchen schon vorhanden.

Welche Kraft auch die Lava ganz entschieden, den Basalt sehr wahrscheinlich aus der Tiefe emporgehoben haben mag, schwierig ist die Abhängigkeit ihrer Wirkung von der Höhe des Grundgebirges zu begreifen. Man würde der Erklärung etwas näher kommen, wenn der Configuration der obern Fläche des Grundgebirges die seiner untern Fläche entsprechen, und diese von einer feuerflüssigen Masse, der Vorrathskammer der eruptiven Massen, begrenzt sein sollte, wie die nachstehende Figur zeigt. Dafs ein solcher Parallelismus zwischen der unteren und der oberen Fläche bis zu einem gewissen Grade wirklich stattfinden müsse, kann nicht bezweifelt werden; denn wenn die Unebenheiten des Grauwackengebirges von ungleichen Hebungen herrühren, so mufs einer Convexität der obern Fläche eine Concavität der untern entsprechen. Die durch Ausfurchung der Thäler entstandenen Concavitäten der obern Fläche, wie bei *a*, können natürlich keine Convexitäten der untern Fläche bedingen.



Denkt man sich also das Grauwackengebirge gleichsam auf der feuerflüssigen Masse so schwimmend, wie Eisschollen oder grofse Eisinseln auf dem Meere: so steht diese Masse bei *d* und *e* höher, als an anderen Puncten der untern Fläche des Grauwackengebirges, und sie stieg durch die Spalte *d b* eben so hoch, als durch die Spalte *e c* auf. Die Convexität bei *b* würde z. B. die *Hohe Acht*, die bei *c* die *Falkenley* bei *Bertrich* repräsentiren. Dieselbe Kraft, welche die flüssige Masse bei *c* bis zu 1276 Fufs Meereshöhe gehoben hatte, würde sie also bei *b* 1064 Fufs höher gehoben haben. Man würde unter den vorausgesetzten Bedingungen sehr gut begreifen, wie beide Eruptionen in Folge einer und derselben Kraftäufserung hätten gleichzeitig stattfinden können.

Das Aufsteigen von Lava u. s. w. setzt eine bis zur feuerflüssigen Vorrathskammer reichende Spalte voraus; denn die Kraft, welche sie in die Höhe hebt, kann unmöglich einen Canal von jeden Falls sehr bedeutender Tiefe so bilden, wie eine Büchsenkugel ein Loch durch ein Brett schlägt. Spalten im Grauwackengebirge von Papierdicke bis zu vielen Fufsen Mächtigkeit sind so ungemein zahlreich, dafs man oft in einer Breite von wenigen Zollen 10 und noch mehr solcher Spalten findet. Bei weitem die meisten sind mit Quarz ausgefüllt, seltener mit Erzen und mit krystallinischen Gesteinen. Denkt man sich eine offene Spalte, wie z. B. den 17 Fufs mächtigen Quarzgang im Grauwackengebirge bei *Liers*, ober-

halb *Altenahr*, von der Oberfläche dieses Gebirges bis zur feuerflüssigen Vorrathskammer reichend: so ist klar, wie in einer solchen Spalte, während einer nicht sehr langen Zeit, so viel geschmolzene Masse aufsteigen kann, dafs sich ein bedeutender Schlackenkegel oder ein mächtiger Lavastrom bildet, sofern eine Kraft vorhanden ist, welche die Masse hebt. Ohne Zweifel würde diefs in jener Spalte geschehen sein, wenn die eben genannten Bedingungen vorhanden gewesen wären: statt dafs sich dieselbe in einer ungeheuer langen Zeit auf nassem Wege mit Quarz erfüllt hat, würde sie in einer sehr kurzen mit Lava u. s. w. erfüllt worden sein.

Wenn die Kraft, welche die Lava hebt, entschieden nichts anderes als Wasserdampf ist *): so hat man sich blofs zu denken, dafs zwischen den aufgerichteten Schichtungsflächen des Grauwacken- und Thonschiefergebirges Wasser in den Heerd *e d* gelangt. Durch die hier herrschende hohe Temperatur wird es zu Dampf von hoher Expansivkraft, und dieser auf die feuerflüssige Masse drückende Wasserdampf hebt dieselbe bei *d* und *e* in den Spalten empor **).

Diese Vorstellung von dem Hervorheben der Lava dürfte wohl auch geeignet sein, den von v. Dechen hervorgehobenen auffallenden Umstand, warum die vulkanischen Ausbrüche in der Nähe der Thäler die Höhe gesucht haben, auf einen klaren Begriff zurückführen. Oeffnete sich in dem Thaleinschnitte bei *a*, in Folge eines Erdbebens oder eines anderen gewaltsamen Naturereignisses, eine Spalte bis zum vulkanischen Heerde: so würde sich in dieselbe der in diesem Thale fliefsende Bach ergossen und in Dampf umgewandelt haben. Dieser Wasserdampf würde zwar auf die, bei *f* befindliche feuerflüssige Masse gedrückt haben, sofern er unter dem hydrostatischen Drucke der Wassersäule in der Spalte *a f* gestanden hätte; nimmermehr hätte jedoch jene Masse in

*) Meine Wärmelehre S. 268. und Physical, chemical and geological Researches on the internal heat of de globe, by G. Bischof. London 1841. P. 209 ff.

**) In dem eben angeführten englischen Werke habe ich diesen Gegenstand ausführlich entwickelt, und mufs mich defshalb darauf beziehen.

dieser Spalte selbst heraufgepreſst werden können. Wohl aber hätte der Wasserdampf eine dem hydrostatischen Drucke jener Wassersäule entsprechende Lavasäule in einer anderen Spalte, etwa in *d b*, emporheben können. Es wäre demnach zu begreifen, wie die Lava gleichsam die Höhe gesucht und die gröſsere Masse durchbrochen habe, ohne den leichteren und kürzeren Ausweg gewählt zu haben.

Unter der Voraussetzung, daſs die Temperatur nach dem Innern der Erde fortwährend in demselben Verhältnisse zunimmt, als wir in zugänglichen Tiefen beobachtet haben, würde die Lava in einer Tiefe von 5 bis 5½ geogr. Meilen im geschmolzenen Zustande vorhanden sein *). Berücksichtigt man die starke Neigung der Schichten des Grauwackengebirges, so brauchen wir nur anzunehmen, ein Theil dieses Gebirges von 5,3 Meilen Länge sei, wie ein Wagbalken, an einem Ende 2,5 Meile tief gesunken und am andern eben so viel gestiegen; dann würde ein solcher Theil, bei einer Neigung von 70°, wie sie bei den Schichten der Grauwacke wirklich vorkommt, eine Mächtigkeit von 5 Meilen haben, und das gesunkene Ende würde nach jener Voraussetzung mit geschmolzener Lava in Berührung stehen. Die Möglichkeit ist also wohl zu begreifen, wie die mehr oder weniger geneigten Schichten des Grauwackengebirges bis zum vulkanischen Heerde reichen, und wie nur in Spalten dieses Gebirges die feuerflüssigen Massen der *Eifler* Vulkane durch die Kraft der Wasserdämpfe emporgehoben worden sein können. Da wir in den Schlacken dieser Vulkane nur Grauwacken- und Thonschieferbrocken eingeknetet finden: so spricht auch dieser Umstand dafür, daſs diese Spalten nur im Uebergangsgebirge sich befinden **).

So lange wir nicht die mehr erwähnte Abhängigkeit der Höhe der Basaltkegel und der Vulkane der *Eifel* von der Höhe des durchbrochenen Grundgebirges begreifen lernen, so lange es uns nicht klar wird, warum die vulkanischen Ausbrüche gleichsam die Höhen gesucht haben, werden unsere Vorstel-

*) Researches P. 210.

**) Im Basalte vom *Minderberg* bei *Linz* findet man jedoch granitähnliche Einschlüsse. Ich besitze selbst einige derselben.

lungen von der eruptiven Natur der Basalte u. s. w. nur unvollkommen und mangelhaft bleiben. Möge man das Vorstehende für einen Versuch nehmen, vielleicht einer dereinstigen klareren Ansicht Bahn zu brechen.

Dafs die Basaltkegel in der Jetztzeit relativ höher über das Grundgebirge hervorragen, als damals, wo sie sich gebildet hatten, ist unzweifelhaft; denn letzteres, namentlich der Thonschiefer, ist der mechanischen Zerstörung durch Gewässer bei weitem mehr unterworfen, als der Basalt. Auf dem Wege von *Adenau* nach der *Hohen Acht* finden sich sehr viele, auf einer grofsen Fläche (*Steinig-Rotter*) zerstreute und zum Theil sehr grofse Quarzblöcke. Ohne Zweifel rühren dieselben von mächtigen Quarzgängen her, deren Nebengestein zerstört und durch Gewässer fortgeführt worden ist. Der vorhin genannte 17 Fufs mächtige Quarzgang ragt 35 Fufs hoch ganz frei aus der Grauwacke hervor. Diese Höhe bietet einen Maafsstab dar, wie viel sich die Grauwacke während einer langen Zeit durch Verwitterung und durch Fortführung der verwitterten Massen erniedrigen kann; denn der schwer verwitterbare Quarz zeigt die Höhe, bis zu welcher die Grauwacke ehemals mindestens reichte. Vergröfsern wir jene 35 Fufs auch um ein bedeutendes, da doch auch der Quarz etwas von seiner Höhe verloren hatte: so können wir doch in keinem Falle annehmen, die 220 Fufs über die Grauwacke ragende *Hohe Acht* sei ursprünglich von derselben ganz umschlossen gewesen. War daher der Basalt im feuerflüssigen Zustande emporgestiegen, so mufs ein Ueberfliefsen stattgefunden, und so der Kegel sich gebildet haben. Dasselbe möchte wohl von den meisten Basaltkegeln gelten.

Wenn wir in der *Eifel* Massen finden, welche, wie die Schlacken, Rapilli u. s. w. das unverkennbare Gepräge von Bildungen auf feurigem Wege tragen, wenn wir ringsherum geschlossene Krater mit Rändern aus Schlacken aufgebaut, andere an einer Seite geöffnet sehen, und aus dieser Oeffnung Lava ausgelaufen ist, die wir $\frac{1}{4}$ Stunde Weges und noch weiter verfolgen können; wenn wir Alles so finden, wie es die noch thätigen Vulkane zeigen: so bleibt uns nur noch übrig, einen unmittelbaren Uebergang der Lava in Basalt nachzuweisen, und wir können mit grofser Wahrschein-

lichkeit schliefsen, dafs dieser wie jene feuerflüssigen Ursprungs sei.

Von den beiden vulkanischen Kegeln bei *Bertrich*, von der *Falkenley* und der *Facherhöhe*, berichtet v. Dechen *): „Sie sind mit vielen Schlacken bedeckt, welche durch ihre Form beweisen, dafs sie, einst flüssig in die Höhe geworfen, auf ihrer Wurfbahn erstarrt niedergefallen sind. Sie sind wie ein Tau gedreht und gewunden, von runden Stücken flach ausgebreitet, mit feinen Spitzen, Rippen, Haken und Zacken besetzt. Gröfsere und kleinere Blasenräume werden nur durch dünne Wandungen abgesondert, dichte Parthien wechseln damit ab. Bis an die Oberfläche erscheinen kleine, oft ganz scharfe Augitkrystalle. Gröfsere Felsen treten von den Kratereinfassungen der *Facherhöhe* und des *Hüstchen* hervor, wechselnd mit schlackiger, poröser und blasiger Beschaffenheit, oder in dichter, dem Basalt ähnlich. Von bestimmbaren Mineralien ist nur Augit und Olivin darin erkennbar; letzterer ist für den Basalt ganz characteristisch, und es wird daher erlaubt sein, hier von basaltischen Gesteinen zu reden. Eine Menge Schiefer- und Grauwackenstücke, oft von ziegelrother Farbe, gebrannt, an den Rändern blasig und ganz in die umgebende Schlacke übergehend, finden sich darin, gleichfalls weifse Quarzstücke theils unverändert, theils an den Rändern angegriffen, Bruchstücke von Feldspath mit beginnender Schmelzung und blasigen Stellen und Parthien eines dichten oder blasigen glasartigen Körpers.“

Dieser treuen Darstellung der dortigen Verhältnisse habe ich nur weniges hinzuzufügen. Die schlackigen Massen, welche die wohl 160 Fufs hohe, und gröfstentheils entblöste, steile Felswand zusammensetzen, gehen im unteren Theile allmälig in eine, in unregelmäfsigen, dicken Säulen abgesonderte, dichte, olivinreiche Lava über, die manchmal so wenig porös, dafs sie von einem ebenfalls nicht ganz dichten Basalte nicht zu unterscheiden ist.

Ein 9″ langes, in der Mitte 2″ dickes und nach beiden Enden sich auskeilendes, wie Dachschiefer gefärbtes Thonschieferstück, ganz von der Schlackenmasse eingeschlossen,

*) A. a. O. S. 33.

zeigte kaum merkliche Veränderungen. Nur etwas härter und klingender scheint es geworden zu sein, und an einigen Stellen ist es etwas glasglänzend. Es ist nicht blasig; aber ein kleiner davon abgetrennter, in die Schlacke eingekneteter Splitter ist, wie alle übrigen kleinen Bröckchen, blasig. Es scheint daher, daſs die Feuchtigkeit oder andere in den Gaszustand übergehende Substanzen, welche den blasigen Zustand herbeiführen, in das Innere eines nur etwas groſsen eingeschlossenen Thonschieferstücks entweichen, und deſshalb die äuſseren Theile desselben, wenn sie auch durch die Hitze der Lava erweichen, doch nicht blasig werden.

Da die Schlackenmassen sehr viele Thonschieferbröckchen enthalten, so ist zu vermuthen, daſs diese auch im basaltischen Gesteine, in das jene übergehen, vorkommen werden. Es ist schade, daſs sich diese Frage, wegen der groſsen Härte des Gesteins, nicht ohne groſse Mühe beantworten läſst. An den unregelmäſsigen Säulenflächen ist nichts von solchen Einschlüssen zu bemerken *).

Die Thonschiefer- und Grauwackenbröckchen in den Schlackenmassen an den Kratern des *Mosenbergs*, welche sehr viel davon enthalten, zeigen sich meist durch die Hitze verändert; ein so groſses Stück, wie in der *Falkenley*, traf ich aber auch nirgends an. Vergebens bemühte ich mich, in den Schlacken des erloschenen Vulkans bei *Gerolstein*, welcher den Uebergangskalk oder Dolomit durchbrochen hat, Brocken von diesem Gesteine zu finden. Eben so wenig glückte es mir, solche Bruchstücke in den Schlacken und Laven des *Bickebergs* bei *Essingen*, der, wie eine Insel, aus dem Uebergangskalke hervorragt, anzutreffen. Meine desfallsigen Untersuchungen kann ich jedoch noch nicht als geschlossen betrachten.

Sehr reich an Einschlüssen von Bruchstücken des durchbrochenen Gebirges sind die Schlacken und Laven des, *Bonn* ganz nahen *Roderbergs*. Grauwacken- und Thonschieferbröckchen finden sich in ausgeworfenen Schlacken, die auf

*) v. Leonhard (a. a. O. Abth. I. S. 420.) erwähnt Grauwacken-Fragmente, roth gebrannt, zum Theil porös, die ungemein häufig dort im Basalte eingeknetet vorkommen.

den Kraterrändern in grofser Menge zerstreut liegen, und in anstehender Lava. An einer Stelle, am innern Abhange des Kraterrandes, wo die Lava durch einen Steinbruch entblöst worden, trifft man Thonschiefer in oft mehrere Zoll grofsen Stücken an. Sie sind alle roth gebrannt, wie Ziegelsteine; aber fast nie blasig, und überhaupt so wenig verändert, dafs nur die rothe Farbe die Einwirkung der Hitze zeigt. Dagegen kommen am äufsern Abhange des Kraterrandes in der Lava ebenso eingeknetete, und eben so grofse Stücke wie dort vor, welche auch gar nicht verändert sind. An einer tieferen Stelle dieses Abhanges finden sich Geschiebe, meist Quarze, in der Masse eingeknetet, die jedoch einen glasigen Ueberzug haben, und wo also die Einwirkung der Hitze wieder unverkennbar ist. In den Auswürflingen hingegen, besonders nach einer Seite hin, trifft man, neben Thonschieferbröckchen, Quarze, oft nur von der Gröfse eines Hirsekorns an, welche einen glasartigen Ueberzug nicht haben, und überhaupt nicht verändert sind.

Am *Leilekopf*, eine halbe Stunde Weges von *Brohl* am *Rhein*, wo durch eine grofse Sandgrube ein bedeutendes Lager von Rapilli, vulkanischem Sande und Schlacken entblöst ist, sind letztere voll von Thonschieferbrocken, alle, mit seltener Ausnahme, mehr verändert, als ich sie anderswo gefunden habe: theils rothgebrannt, meist sehr blasig und manchmal ganz bimssteinartig. Quarzgeschiebe, welche sich auch eingebacken finden, sind so mürbe, dafs sie sich zwischen den Fingern zerbröckeln lassen.

Man sieht aus dem Vorstehenden, dafs selbst da, wo die erwähnten Gestein-Stücke notorisch einer Feuereinwirkung ausgesetzt waren, dieselbe nicht immer wahrzunehmen ist.

Den Vertheidigern der plutonischen Metamorphose gegenüber mufs man ganz besonders die Frage aufwerfen, warum die Grauwacken- und Thonschiefer-Fragmente, welche, durch die Schlackenmassen so weit erhitzt, dafs sie, wie ihre häufige blasige Beschaffenheit zeigt, weich geworden waren, nicht während ihrer langsamen Erkaltung metamorphosirt wurden. Günstigere Umstände für eine solche Metamorphose, wenn sie möglich ist, könnten nirgends stattgefunden haben. Ein Schlackenkegel, wie die *Falkenley* (S. 731),

von dem man, da er 160 Fufs hoch entblöst ist, mit Bestimmtheit weifs, dafs er in seiner ganzen Masse aus Schlakken und Lava besteht, von dem man aber nicht weifs, wie tief er in das Grauwackengebirge hinabsetzt, hat jeden Falls eine lange Zeit zu seiner Abkühlung gebraucht.

Nach Breislak *) giebt es am *Aetna* Laven, die nach einem Verlaufe von 25—30 Jahren noch heifs und rauchend sind. Ich habe, auf den Grund meiner Beobachtungen der Abkühlungszeiten einer geschmolzenen Basaltkugel von 2 Fufs Durchmesser, berechnet, dafs ein Lavastrom von 400 Fufs Mächtigkeit 22 Jahre zu seiner Abkühlung brauchen würde **). Wenn also die *Falkenley* nur 240 Fufs tief in das Grauwakkengebirge hinabsetzte, so würde sie eine solche Zeit zu ihrer Abkühlung nöthig gehabt haben Hat sich nun nach solchen Zeiträumen im Thonschiefer, der die Elemente des Feldspaths enthält, auch nicht einmal ein mikroskopischer Krystall dieses Fossils gebildet, während doch die Feldspathkrystalle aus einer feuerflüssigen Masse auf der Kupferhütte zu *Sangerhausen* wirklich entstanden sind (S. 293): so müssen wir bezweifeln, dafs sie sich je auf diesem Wege gebildet haben können. Die angeführten Bruchstücke von Feldspath mit beginnender Schmelzung und blasigen Stellen, welche sich in der Schlackenmasse der *Falkenley* finden, wird man uns nicht entgegensetzen; denn es wäre eine seltsame Annahme, dafs zuerst in stärkerer Hitze solche Bruchstücke entstanden und nachher bei abnehmender Hitze zum beginnenden Schmelzen gekommen wären. Diese Bruchstücke haben daher ebenso unzweifelhaft präexistirt, wie die Grauwackenbruchstücke. Wollte man noch immer einwenden, die Zeit der Abkühlung war zu kurz für die metamorphische Bildung von Feldspath: so würden wir entgegnen, dafs nach gerade die Vertheidiger dieser Metamorphose gewifs nicht an der Bildung der Augitkrystalle in den Schlacken aus der feuerflüssigen Masse zweifeln, und dafs der oben (S. 731) bemerkte Uebergang der schlackigen Masse in ein basaltisches Gestein zeigt, wie die Dauer der Abkühlung zu einer krystallinischen Bildung aus

*) Geologie. Bd. I. S. 330.

**) Meine Wärmelehre. S. 500.

geschmolzenen Massen hinreichend gewesen war. Es sind aber wesentlich verschiedene Umstände: Bildung von Fossilien aus geschmolzenen und aus blofs geglühten Massen.

Wir können daher nur mit gesteigerter Verwunderung die Frage wiederholen, wie die Hypothese einer plutonischen Metamorphose ganzer Gebirgsformationen in der Geologie hat Platz greifen und Bürgerrecht erlangen können (S. 352).

Die basaltischen Ströme, ihr Zusammenhang mit Kratern, ihre dichten oder schlackigen Gesteine, wovon diese die Decke bilden, jene mit wahren Basalten völlig übereinstimmen, worüber v. Leonhard *) so viel Belehrendes aus eigenen und fremden Beobachtungen (jene besonders in der *Auvergne* angestellt) mittheilt, lassen keinen Zweifel an ihrem feuerflüssigen Ursprung übrig.

In der *Eifel* sind es besonders die basaltischen Ströme, welche sich vom Vulkan bei *Gerolstein* und vom *Mosenberg* herabziehen. Jenen verfolgt man in einem Thale zwischen hohen Kalkstein- und Dolomitfelsen bis an den *Kyllflufs*. Auf den beiden Thalgehängen finden sich keine Basaltkegel, von denen die basaltischen Blöcke herabgefallen sein könnten, wohl aber kommen diese in Gesellschaft von herabgerollten Dolomitblöcken vor. Das Thal hat eine so geringe Neigung, dafs an ein Herabführen grofser basaltischer Blöcke durch Gewässer nicht zu denken ist. Das olivinreiche Gestein derselben gleicht dem wahren Basalt vollkommen, nur dafs es manchmal etwas poröser, als dieser ist.

Der bekannte basaltische Strom des *Mosenbergs* zieht sich von einer Oeffnung des letzten der vier Krater, an der südöstlichen Seite dieses ausgezeichneten erloschenen Vulkans, bis zur *kleinen Kyll* herab, deren Lauf er etwas verändert hat. Noch jenseits dieses Baches, auf dem Thonschiefergehänge, finden sich hoch hinauf zahllose Blöcke des Gesteins, als Ueberreste von dem Durchbruche des Baches durch das Ende des Stroms. Ebenso wenig, wie beim *Gerolsteiner* Vulkan, kann man an ein Herabführen der Blöcke auf der wenig geneigten Thalsohle durch Wasserfluthen denken, und auch die Höhen der Thalgehänge tragen keine Basalte. Ue-

*) A. a. O. Abth. I. S. 391 ff.

berdiefs bilden die basaltischen Massen hier und da zusammenhängende Hügelreihen. Ich habe viele Stücke vom Anfange bis zum Ende des Stromes abgeschlagen, und eine so vollkommene Uebereinstimmung des olivinreichen Gesteins gefunden, dafs ein gemeinschaftlicher Ursprung nicht zu verkennen ist. Etwas mehr poröses oder mehr dichtes Gestein erscheint am Anfange wie am Ende des Stroms, und Schlakken zeigen sich noch an diesem im Wechsel mit dichtem Gesteine. Oberhalb dieses langen Stroms befindet sich ein zweiter von nur geringer Länge, der nicht weit vom Anfang jenes Stroms endigt. Dieser ist aber nicht aus einer Krateröffnung ausgeflossen, sondern er rührt, wie mir scheint, von einem Seitenausbruche des dritten Kraters her. Ein anstehender Felsen, der augenscheinlich auf einer Spalte in dem aus Schlackenmassen gebildeten Kraterrande steht, bezeichnet den Anfang dieses Stromes, dessen Gestein ganz mit dem jenes gröfseren Stroms übereinstimmt.

Ausser diesen Strömen, welche unzweifelhaft aus Kratern ausgeflossen sind, giebt es in der *Eifel* unzählige basaltische Ströme, deren Ursprung aus Kratern nur undeutlich oder gar nicht nachgewiesen werden kann. Sie ziehen sich an den Abhängen basaltischer Berge herab, und lassen sich manchmal noch weit in den Thälern verfolgen. Jene Abhänge sind bisweilen so wenig geneigt, dafs zwar ein Strömen einer flüssigen Masse, aber nicht ein Herabrollen fester Blöcke statt haben konnte. Die regelmäfsige Ausbreitung dieser Blöcke, wenn auch mit vielen Unterbrechungen, sticht sehr ab von der unregelmäfsigen Lagerung der an steilen Abhängen basaltischer Kegel herabgerollten Massen. An ein Herabführen durch Wasserfluthen ist nicht im mindesten zu denken; denn die stärksten Wolkenbrüche, welche auf wenig steilen Kegeln niedergehen, vermöchten nicht solche Ortsveränderungen herbeizuführen. Dazu kommt, dafs Schlackenmassen im Wechsel mit basaltischem Gesteine und in dessen Umgebungen, Rapilli und vulkanischer Sand in mächtigen Lagen mit Bestimmtheit auf Eruptionen schliefsen lassen, wenn auch Krateröffnungen mangeln. Die Gesteine dieser Ströme haben meist denselben Character: es sind olivinreiche, mehr oder weniger poröse oder dichte Basalte. Unter den vielen Strömen dieser Art führe

ich nur einige an, die mir von meinem letzten Besuche der *Eifel* noch in lebhafter Erinnerung sind: so die basaltischen Ströme am *Bickeberg*, am *Alterfafs*, an der *Weifsley*, welche das Thal von *Hohenfels* einschliefsen, so der breite Strom, der sich von der Kuppe des *Errensberges* herabzieht und bis nach *Dockweiler* und *Dreis* verfolgt werden kann, so die basaltischen Massen am linken Thalgehänge der *Lyfer* bei *Daun*, welche eine wenig geneigte Fläche von weit über hundert Morgen bedecken u. s. w.

Das Herabziehen aller dieser Ströme in Thäler, ihre Auflagerung auf der Grauwacke an den Abhängen und auf den Geschieben in den Thälern zeigt, dafs sie nach der Thalbildung geflossen sind, und dafs sich seitdem die Configuration der Oberfläche wenig geändert hat. Eben defshalb müssen alle Gedanken an grofse Wasserfluthen, an Hebungen und Zertrümmerungen, wodurch Ortsveränderungen der basaltischen Massen hätten veranlafst werden können, beseitigt werden.

Alle diese Verhältnisse lassen nicht im mindesten an der Bildung basaltischen Gesteins aus feuerflüssigen Massen zweifeln.

Das Aufsteigen der Lava in Spalten ist eine Thatsache. Ist im Vorhergehenden die Bildung basaltischen Gesteins aus Lava erwiesen worden: so kann man gegen die Erfüllung der Gänge mit solchem Gesteine im Allgemeinen nichts erinnern. Das reichhaltige Kapitel in v. Leonhard's Werke *) über gangartige Basaltgebilde zeigt, welche grofse Zahl von Beobachtungen an denselben gemacht worden sind, und diese Zahl wurde seitdem (1832) noch sehr vermehrt. Nur diejenigen können wir hier in den Kreis unserer Betrachtungen ziehen, welche Bezug auf die Mächtigkeit dieser Gänge, auf ihr Fallen und auf die Beschaffenheit des Nebengesteins haben **). Alles Uebrige müssen wir dem, den Gängen überhaupt gewidmeten Kapitel vorbehalten.

Hätte Freiesleben's Bemerkung ***), dafs der Ba-

*) A. a. O. Abth. I. S. 421 ff.

**) Dankbar erkennen wir, welche grofse Dienste die in v. Leonhard's gehaltreichem Werke dargebotenen Thatsachen unseren Betrachtungen geleistet haben.

***) v. Moll's Jahrb. Bd. IV. Lief. 2. S. 61.

salt fast immer sehr mächtige Spalten erfülle, allgemeine Gültigkeit: so würden wir mit einer physikalischen Schwierigkeit weniger zu kämpfen haben; denn die Ausfüllung weiter Spalten mit einer feuerflüssigen Masse ist nicht schwierig zu erklären, wohl aber die Ausfüllung enger Spalten.

Auf der Insel *Anglesea* giebt es basaltische Gänge von wenigen Zollen Mächtigkeit, die das Gebirgsgestein nach den mannichfaltigsten Richtungen durchsetzen, und häufig sich verzweigen. Nach Berger *) wechselt die Mächtigkeit der Trappgänge *Irlands* zwischen einigen Zollen und mehreren hundert Fufs. Nach Macculloch's Schilderungen **) sind auf dem Eilande *Barra* sehr gering-mächtige Gänge von schwarzem feinkörnigem Basalt, und selbst Aeste davon von ungemeiner Dünne mannichfaltig mit einander verflochten. Sie setzen sowohl im Gneifs, als im, diesen gangartig durchziehenden Granit auf. Alle haben scharf abgemarkte Grenzen; nur diejenigen, auf welche die Witterung besonders einwirkt, sind tuffähnlich. Stellenweise ist das basaltische Adergeflechte so häufig, dafs es den Gneifs und Granit in kleine regellose Bruchstücke trennt und dem Ganzen das Ansehen eines Conglomerats giebt. Aehnliche Erscheinungen zeigen die Inselgruppen südwärts gegen *Barra*. Um *Sleat* auf *Skye* ***) setzen häufig Trappgänge im Gneifs auf, und zu *Loch Eishort* im Sandstein. Letztere sind von beträchtlicher Mächtigkeit, und können bis zur entfernten Oberfläche des Lias verfolgt werden. Diese Gänge werden von anderen ähnlichen durchschnitten, deren Mächtigkeit aber viel geringer ist, oft nicht über ½ Zoll. Die Masse dieser letzteren Gänge ist ein äufserst dichter, fester, schwarzer Basalt, der manchmal pechsteinartig erscheint. Sie sind viel weniger häufig, als die mächtigeren; nur um *Koruisk* und noch mehr um *Garsven* sind ihrer überaus viele.

Mit Leichtfertigkeit über diese Verhältnisse weggehen zu wollen, hiefse einer, wenn auch noch so wahrscheinlichen Hypothese zu Liebe physikalische Gesetze aufopfern. Schon

*) Transact. of the geol. Soc. V. III. p. 226.

**) Western Islands. V. I. p. 83.

***) Ebendas. p. 395.

früher (S. 347 ff.) haben wir auf die Unmöglichkeit hingewiesen, wie eine feuerflüssige Granitmasse durch kalte Spalten, 1 bis 2 Zoll und häufig noch minder mächtig, hätte aufsteigen können, ohne zu erstarren, ehe sie einige Fufs hoch in ihnen emporgequollen wäre. Allerdings findet ein grofser Unterschied zwischen der Schmelzbarkeit des Granits und des Basalts statt. Dieser schmilzt leicht in einem gewöhnlichen Windofen, jenen habe ich selbst im Sefström'schen Ofen mit heifsem Winde nicht zum dünnen Flusse bringen können. Die Masse war steif und nach dem Erkalten waren noch deutlich die ungeschmolzenen Quarze porphyrartig darin eingeschlossen. Als ich dagegen gepülverte Lava vom *Roderberg*, worin ein abgerundeter, mit einigen Sprüngen durchzogener Quarz eingepackt war, schmolz, zeigte sich nach dem Erkalten, dafs in diese Sprünge Lavamasse von kaum Papierdicke eingedrungen war.

Aber wie ganz verschieden sind diese Verhältnisse von denen, wie sie Macculloch beschreibt! — Bei meinem Versuche hatte der Quarz die Schmelzhitze der Lava; war daher diese nur flüssig genug, so konnte sie in die Sprünge dringen, ohne beim Eintreten zu erstarren. Der Gneifs und Granit waren aber kalt, als der Basalt in das feine Adergeflecht eindrang. Wollte man auch annehmen, jene Gesteine seien durch die in den weiten Spalten aufgestiegene Basaltmasse erwärmt worden: so konnte doch, wegen der schlechten Wärmeleitungsfähigkeit des Gesteins, diese Erwärmung nur etwas von der Wärmequelle entfernt, noch lange nicht die Schmelzhitze des Basalts erreicht haben.

Um einige numerische Elemente für die Erstarrungsgesetze geschmolzener Massen, welche in engen Spalten fliefsen, zu erhalten, wurden in eine Platte von buntem Sandstein Nuthen von bestimmter Breite und Tiefe eingehauen. Auf diese Platte wurde eine andere so aufgeschliffen, dafs sich beide in ganz ebenen Flächen berührten, und dafs mithin die Nuthen ringsum geschlossene Kanäle bildeten. Durch die Deckplatte wurden an einem Ende Löcher gebohrt, welche auf die Nuthen trafen und durch dieselben geschmolzene Metalle eingegossen, nachdem man dem Plattenpaar eine geneigte Lage gegeben hatte. Das flüssige Metall flofs, be-

greiflicher Weise, in der Nuthe um so weiter fort, ehe es erstarrte, je weiter diese war, und je mehr es über seinen Schmelzpunct erhitzt worden. Um jedoch einen bestimmten Anhaltepunct zur Vergleichung zu haben, wie weit verschiedene Metalle von ungleicher Schmelzbarkeit in derselben Nuthe fortfliefsen, ehe sie erstarren, wurden die Metalle im Schmelzgefäfse nicht ganz geschmolzen; denn blieb von demselben noch ein Theil ungeschmolzen übrig, so konnte der flüssige Theil nicht über seinen Schmelzpunct erhitzt sein. Nach jedem Eingusse wartete man bis zum folgenden so lange, als zum Abkühlen der Platten erforderlich war. Es wurden folgende Resultate mit geschmolzenem Blei erhalten.

Die Neigung des Plattenpaars gegen die Horizontale betrug 5°. Das Blei war bis zu seinem Schmelzpuncte erhitzt.

	Breite der Nuthe	Tiefe der Nuthe	folglich Querschnitt der Nuthe	Länge des erstarrten Bleicylinders
I	2 Linien	1,5 Linien	3 Quadratlinien	7,72 Zoll
II	1,5 „	1,5 „	2,25 „	5,42 „

Die Neigung des Plattenpaars war wiederum 5°. Das Blei wurde aber bis zum Dunkelrothglühen erhitzt.

III	2 Linien	1,5 Linien	3 Quadratlinien	15,5 Zoll
IV	1,5 „	1,5 „	2,25 „	12,83 „

Bei Vergleichung von I mit II und von III mit IV ergiebt sich, dafs sich die Längen der erstarrten Bleicylinder wie ihre Querschnitte verhalten, wie nachstehendes zeigt.

	berechnet	gefunden
I	7,72 Zoll	7,72
II	5,79 „	5,42
III	15,5 „	15,5
IV	11,6 „	12,83

Die berechneten Werthe II und IV stimmen so nahe mit den gefundenen, als bei Versuchen dieser Art, wobei man die Temperatur der geschmolzenen Metalle, namentlich bei III und IV, blofs approximativ bestimmen kann, nur zu erwarten ist.

Die folgenden Versuche wurden angestellt, um zu finden 1) ob die Länge des erstarrten Metalls bei verschiedenen Metallen von ungleicher Schmelzbarkeit, unter übrigens gleichen Umständen, dieselbe bleibt, und 2) ob diese Länge gröfser wird, wenn das flüssige Metall schneller läuft, d. h. wenn der Neigungswinkel gröfser wird. Dazu wurde eine 10 Fufs lange, 2,5 Zoll breite und dicke Diele von Holz gebraucht. Nachdem mit dem Nuthhobel eine Nuth durchgestofsen war, wurde dieselbe mit Thon ausgefüttert, darin eine Nuth von 4 Lin. Breite und 2,5 Lin. Dicke, mithin von 10 Quadratlinien Querschnitt gebildet, und nach dem Trocknen des Thons eine zweite Diele darauf fest geschraubt. Die Neigung des Dielenpaars war 15° gegen die Horizontale. Vor jedem neuen Versuche liefs man die Vorrichtung wiederum gehörig abkühlen. Man erhielt folgende Resultate.

Geschmolzene Metalle, in der Temperat. des Schmelzpuncts.	Länge des erstarrten Metallcylinders.	Geschmolzene Metalle in der Dunkelrothglühhitze.	Länge des erstarrten Metallcylinders.
V Zinn	41,5 Zoll	VIII Zinn	96 Zoll
VI Blei	44,5 „	IX Blei	87,25 „
VII Zink	58,0 „	X Zink, erhitzt bis zum Verbrennen	89,25 „

Mit zunehmender Temperatur des Schmelzpunctes scheint daher auch die Länge des erstarrten Metallcylinders zuzunehmen; denn Blei ist strengflüssiger als Zinn, und Zink strengflüssiger als Blei. Die Differenzen könnten aber leicht davon herrühren, dafs diese drei Metalle nicht genau bis zu ihren respectiven Schmelzpuncten erhitzt waren. Der Querschnitt in I verhält sich zu dem in VI = 3 : 10, wonach die Länge des Bleicylinders in VI 25,7 Zoll sein müfste. Da diese aber 44,5 Zoll ist, so ergiebt sich, dafs mit zunehmender Schnelligkeit des Fliefsens das geschmolzene Metall auch einen längeren Weg zurücklegt, ehe es erstarrt *).

*) Eine Ausdehnung meiner Versuche auf geschmolzenen Basalt liefs keine genügenden Resultate erwarten; denn so dünnflüssig,

Aus den Resultaten dieser Versuche können wir im Allgemeinen schliefsen, was im Voraus zu erwarten war, dafs geschmolzener Basalt, in engen Spalten aufsteigend, bis zu seinem Erstarren nur kurze Wege zurücklegen kann. Indefs wir wollen doch etwas mehr in das Einzelne eingehen.

Streicht eine Spalte weit fort, so sind die Abkühlungsverhältnisse etwas anders, als bei unseren Versuchen. Ist z. B. die Weite einer Spalte 4 Linien, streicht sie aber hunderte und noch mehr Fufs fort, so wird die Abkühlung geringer sein, als in den Versuchen V bis X, wo die geschmolzenen Metalle durch einen Kanal von 4 Lin. Breite und 2,5 Lin. Dicke flossen; denn dort sind es eigentlich nur die beiden Spaltenwände, welche abkühlend wirken. In obigen Versuchen kühlten nämlich vier Flächen ab, in einer weit fortstreichenden Spalte aber nur zwei; hier würde daher die Abkühlung approximativ $\frac{8}{13}$ Mal geringer sein als dort. Diefs könnte aber nur bewirken, dafs in der Spalte die geschmolzene Masse ungefähr $\frac{13}{8}$ Mal höher aufgestiegen wäre, als in unserem Kanal.

Wenn wirklich mit zunehmender Strengflüssigkeit die geschmolzenen Massen weiter fliefsen, ehe sie erstarren: so würde auch geschmolzener Basalt, der strengflüssiger als Zink ist, in Spalten höher aufsteigen, als dieses Metall. Dasselbe würde auch bewirkt werden, wenn der von unten nach oben wirkende Druck dem geschmolzenen Basalt eine gröfsere Geschwindigkeit ertheilte, als die war, mit welcher in obigen Versuchen bei einer Neigung von 15^0 die geschmolzenen Metalle herabflossen, und wenn jener weit über seinen Schmelzpunct erhitzt sein sollte.

Sollte aber auch durch das Zusammenwirken aller die-

wie geschmolzene Metalle, können erdige Massen nicht werden, um sie in enge Kanäle eingiefsen zu können. Nur durch Anwendung eines starken Drucks hätte ein Hineinpressen bewirkt werden können. Ein solcher Versuch würde aber mit kaum zu überwindenden Schwierigkeiten verknüpft sein. Ich habe mich daher mit dem allgemeinen Resultate begnügt, dafs mit zunehmender Strengflüssigkeit geschmolzener Massen ein längeres Fliefsen in Kanälen stattfindet.

ser Ursachen ein viel gröfserer Effect hervorgebracht, sollte derselbe selbst bis zum 12fachen gesteigert werden: so würde doch in den engen Spalten der geschmolzene Basalt nur so viele Fufs hoch steigen, als die geschmolzenen Metalle in unseren Versuchen Zolle weit herabgeflossen sind. Es würde demnach jener in einer Spalte von 2 Lin. Weite höchstens 15 Fufs hoch aufsteigen können. Schwerlich kann man aber eine solche Steigerung des Effects zugeben, und um so weniger, da jeden Falls die Adhäsion des geschmolzenen Basalts an den Gesteinswänden viel gröfser ist, als die Adhäsion der geschmolzenen Metalle am Sandsteine, und da dieser Umstand das Aufsteigen einer flüssigen erdigen Masse sehr erschwert. Sind wir endlich auch zur Annahme berechtigt, dafs der geschmolzene Basalt weit über seinem Schmelzpuncte erhitzt war? — Das Thatsächliche, die Schmelzhitze der Lava, worauf alle unsere Schlüsse basirt sein müssen, rechtfertigt eine solche Annahme keineswegs. Abgesehen vom präexistirenden strengflüssigen Thonschiefer und Olivin in den Schlacken und Laven, finden sich ja, wie oben (S. 731) erwähnt, Feldspathbruchstücke in denselben. Die Hitze der geschmolzenen Lava war also nicht hinreichend, den im Porcellanofen zu Glas schmelzenden Feldspath *) zu schmelzen; die leichtflüssige Lava war nicht einmal im Stande als Flufsmittel zu wirken. Ihre Temperatur war daher niedriger, als die im Porcellanofen herrschende. Eben so zeigen die oben (S. 733) erwähnten Quarzkörnchen und Quarzsplitterchen in der Lava, dafs die Basen in derselben, obwohl sie noch lange nicht mit Kieselsäure gesättigt sind, doch nicht im Stande waren, die ihnen im Quarze dargebotene aufzunehmen, während das beim Schweifsen des Eisens gebildete Eisenoxyduloxyd so leicht mit dem Quarzsande zu einer leichtflüssigen Schlacke zusammenschmilzt (S. 576).

So weit so schwierige physikalische Verhältnisse, wie das Aufsteigen flüssiger Massen in engen Spalten und ihre Erstarrung in denselben auf numerische Elemente zu gründen ist, glauben wir es versucht zu haben. Den englischen Geologen zunächst mufs überlassen bleiben, durch eine ge-

*) Klaproth's Beiträge. Bd. I, S. 14.

naue Revision der von Berger und Macculloch (S. 738) beschriebenen engen, mit Basalt erfüllten Spalten und Adern zu ermitteln, wie weit die dortigen Verhältnisse mit den Resultaten unserer Versuche in Uebereinstimmung zu bringen sind. Das Augenmerk dürfte dahin zu richten sein, ob die feinen Adern von mächtigeren Spalten, die ganz in der Nähe sich befinden, ausgehen; denn je näher diese sind, je kürzer der Weg ist, den die geschmolzene Masse in jenen zurückzulegen hatte, desto mehr wächst die Wahrscheinlichkeit des Eindringens. Sollten die localen Verhältnisse etwa den Schlufs gestatten, dafs das Gestein, durch welches die feinen Adern setzen, in die aufgestiegene und lagerartig ausgebreitete Masse theilweise eingesunken wäre und sich darin bis zur Temperatur derselben erhitzt hätte: so würden die Schwierigkeiten in der Erklärung mehr verschwinden. Wir hätten dann ein Analogon unseres Versuches mit geschmolzener Lava, in welche Quarz eingeknetet war (S. 739). Dann würde auch die grofse Schwierigkeit sich beseitigen, dafs, wenn auch alle Umstände dem Eindringen geschmolzenen Basalts in feine Adern günstig waren, doch jeden Falls solche Basaltadern sehr schnell hätten erstarren, und dafs daher nicht Gänge von schwarzem, feinkörnigem Basalt, sondern von glasigen Massen hätten entstehen müssen.

Sollte diefs nicht gelingen, sollte sich das Eindringen feuerflüssigen Basalts in so enge Spalten mit den Abkühlungs- und Erstarrungs-Gesetzen nicht in Uebereinstimmung bringen lassen: so bliebe, ungeachtet es gewifs fest steht, dafs Basalt auf feuerflüssigem Wege gebildet werden kann, doch nichts anders übrig, als für jene schwachen Basaltgänge und Adern eine andere Bildungsweise anzunehmen, wenn es auch noch fern liegen sollte, eine solche zu finden.

Aber selbst die mächtigeren Basaltgänge bieten in ihrer lagerartigen Verbreitung Räthsel dar, die nicht immer gleich leicht zu lösen sind. Was hierüber bis 1832 beobachtet und polemisirt worden, findet sich bei v. Leonhard *) in grofser Vollständigkeit: die Beobachtungen und Ansichten von Jameson, Macculloch, Hitchcock, Cordier, Klip-

*) A. a. O. Abth. I. S. 469 ff.

stein, Bronn, Maraschini, Ferber, Whitehurst, Faujas-de-Saint-Fond, Mawe, Farey, Westgarth Forster, Conybeare, Philipps, Brochant de Villiers u. A. m., erläutert durch viele Gebirgsdurchschnitte, sind mit seinen eigenen Ansichten zu einem Ganzen verwebt. Das Wesentliche dieser Basaltgebilde ist, dafs sie gleich Lagern zwischen sedimentären Formationen, oft selbst in scheinbarem Wechsel mit denselben erscheinen, der sich 7, 9 und noch mehr Mal wiederholt.

Es ist nicht zu läugnen, mehrere Verhältnisse sprechen dafür, dafs die basaltischen Massen in Spalten aufgestiegen sind, und sich hierauf zwischen den Schichten der sedimentären Bildungen seitwärts fortgezogen haben. Dahin gehören die manchmal auffallenden Störungen in der Schichten-Ordnung, Zerspaltung der Schichten u. s. w. So zeigt der Bergkalk in *Cumberland* und *Derbyshire* eine sehr regelmäfsige Schichtung; allein die einzelnen Lagen lassen sehr auffallende Verschiedenheiten in ihrer Stellung wahrnehmen. Sie neigen sich theils nur unter wenigen Graden, theils stehen sie fast senkrecht, sind dabei nicht nur häufig verrückt und verschoben, sondern auch bogenartig gewölbt, sattelförmig gewunden, selbst Giebeln ähnlich gekrümmt *).

Auch hier müssen wir wieder fragen, ob ähnliche Verhältnisse bei noch thätigen oder erloschenen Vulkanen vorkommen? Nach Dauveny **) scheint die Insel *Procida* ganz aus Schichten zu bestehen, abgesondert durch Lager zelliger Lava, welche theils horizontal, theils bogenförmig gekrümmt sind. Auf *Stromboli* ***) ziehen sich Gänge eines trachytähnlichen Gesteins so regelmäfsig und horizontal durch den Tuff, dafs man sie für Lager halten könnte, welche mit demselben wechseln; verfolgt man sie aber weiter, so zeigen sich bald Abweichungen von dieser Richtung, und ihr Ursprung aus zwei oder drei senkrecht aus der Tiefe aufsteigenden Gängen ist unverkennbar. Dauveny vergleicht sie mit den horizontalen Trappgängen im Sandstein auf den *Hebriden*, wie

*) A. a. O. S. 488.

**) A description of active and extinct Volcanos. Sec. Edition 1848, P. 239.

***) Ebendas. P. 249.

sie Macculloch beschrieben. Auch auf *Lipari*, *Vulcanello* und in den Umgebungen des *Aetna* *) zeigen sich ähnliche Erscheinungen. Nach Brocchi **) sind bei *Licodia* in *Sicilien* basaltische Laven von tertiären Bildungen bedeckt, und hier und da durchziehen sie den Mergel und Gyps in mannichfach gewundenen Gängen und Adern. Zwischen *Catania* und *Agosta* und anderen Orten kommen ähnliche Verhältnisse vor.

Damit ist also die Möglichkeit gegeben, dafs sich auch andere aus der Tiefe aufgestiegene feuerflüssige Massen in lagerartigen Gängen zwischen sedimentären Formationen einschieben konnten. Solche Erscheinungen sind mit hydrostatischen Gesetzen nicht im Widerspruche. Denke man sich eine mehr oder weniger senkrechte Spalte, welche aus der Tiefe aufsetzt, aber nicht zu Tage ausgeht, sondern sich unter einer oder mehreren der obersten Schichten endigt. Steigen in einer solchen Spalte feuerflüssige Massen auf, wie wir sie in den Kratern der Vulkane wirklich aufsteigen sehen: so werden sie, wenn sie bis zum Liegenden der obersten Schicht gekommen sind und die auftreibende Kraft noch fortwirkt, diese Schicht entweder heben, oder durchbrechen, oder wenn ein Durchbrechen nicht erfolgt, seitwärts zwischen der gehobenen Schicht und der unter ihr liegenden fortfliefsen. Heben sie die oberste Schicht, so dafs sie dachförmig gespannt, aber nicht durchbrochen wird: so entstehen zu beiden Seiten der Spalte leere Räume, welche von der feuerflüssigen Masse ausgefüllt werden. Diefs ist der Anfang des seitlichen Eindringens zwischen den Schichtungsflächen, und wirkt die hebende Kraft fort, so wird die ganze Schicht oder wenigstens so weit gehoben, als die aufsteigende flüssige Masse zuzudringen und den Zwischenraum auszufüllen vermag.

Dazu ist keine gröfsere Kraft erforderlich, als zum Emporheben der feuerflüssigen Masse durch die oberste Schicht nöthig sein würde, wenn die Spalte nicht, wie vorausgesetzt worden, bis zur obersten Schicht reichte, sondern auch diese durchsetzte; denn um die flüssige Masse noch durch die

*) Ebendas. P. 251 und 276.

**) Bibl. Italiana. T. XXVII. p. 56.

oberste Schicht zu treiben, ist nahe dieselbe Kraft wie zum Heben dieser Schicht erforderlich, mag diese auch von noch so grofser Ausdehnung sein. Es ist dasselbe Verhältnifs, wie bei Wolff's sogenanntem anatomichem Heber oder bei s'Gravesande's Follis hydrostaticus; nur mit dem Unterschiede, dafs in diesen der hydrostatische Druck, dort die Expansivkraft, welche die feuerflüssige Masse zum Aufsteigen bringt, wirkt. So wie aber beim anatomischen Heber die Blasehaut gehoben wird, in welchem Verhältnisse auch ihr Durchmesser zu dem der drückenden Wassersäule steht, so wird auch jene Schicht gehoben, wie auch das Verhältnifs der Weite der Spalte zur Ausdehnung der Schicht ist. Stillschweigend wird hierbei vorausgesetzt, dafs die Dichtigkeit der feuerflüssigen Masse gleich oder nahe gleich ist der Dichtigkeit der gehobenen Schicht: eine Voraussetzung, die nahe zutreffen wird, da Basalt bei seinem Uebergange in den flüssigen Zustand um eben so viel ausgedehnt werden mag, als seine Dichtigkeit gröfser, als die eines sedimentären Gesteins ist.

Von selbst versteht es sich, dafs auch dann ein Eindringen einer feuerflüssigen Masse zwischen die Schichten erfolgen kann, wenn die Spalte bis zu Tage reicht; denn ist in dieser die Masse bereits bis zu ihrem Ende aufgestiegen, oder gar übergeflossen, und wirkt die hebende Kraft noch fort: so sind diese Verhältnisse dem anatomischen Heber noch ähnlicher, als die obigen. Noch mehr ist aber dieser Fall zu vergleichen mit dem Aufsteigen eines artesischen Brunnens durch ein Bohrloch, welches Schichten durchschneidet, zwischen welchen das Wasser dringen kann. Diese Schichten werden zwar nicht gehoben, weil eine Wassersäule lange nicht eine gleich hohe Säule eines Gesteins tragen kann; vom aufsteigenden Wasser wird indefs seitwärts durch die Schichtungsflächen abfliefsen.

Ein Zerreifsen der von der Spalte nicht durchsetzten oberen Schichten findet gewifs nur selten statt: denn so wie nur die aufsteigenden feuerflüssigen Massen die Hebung dieser Schichten beginnen: so fliefsen sie sogleich seitwärts ab, und wie ein Keil dringen sie weiter zwischen die Schichten ein und setzen die Hebung fort. Ein Fortsetzen der Spalte durch die oberen Schichten können aber die feuerflüssigen Massen

unmöglich bewirken; denn so heftig auch der Stofs einer flüssigen Masse gegen ein festes Gestein sein mag, so kann er doch nicht ein Loch, wie eine Flintenkugel durch ein Brett schlagen.

Es ist klar, dafs die Geschwindigkeit, womit die oberste Schicht gehoben wird, nur sehr gering sein kann im Verhältnisse zu der Geschwindigkeit, womit die feuerflüssige Masse in der Spalte aufsteigt; denn die Geschwindigkeiten stehen im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Mächtigkeit der Spalte zum Quadrate der Längenerstreckung der gehobenen Schicht. Da sich nun bei geringer Mächtigkeit der Spalte und grofser Längenerstreckung der Schicht, diese aufserordentlich langsam hebt: so ist begreiflich, wie bei einer so langsamen Bewegung eine weit fortstreichende Schicht ihren Zusammenhang unversehrt erhalten kann, selbst wenn dieser, wie etwa bei einem wenig cohärenten oder sehr zerklüfteten Sandstein, nur sehr gering ist. Ebenso begreiflich ist, wie unter diesen Umständen die eingeschobene und fest gewordene Masse eine gleich dicke Lage bilden, und mithin den Parallelismus der von einander getrennten sedimentären Formationen so vollständig erhalten kann, dafs sie als eine sedimentäre Bildung erscheint.

So finden sich auf den Eilanden *Egg*, *Mull* u. s. w. Basaltablagerungen und Liasschichten im Wechsel mit einander; im Allgemeinen herrscht nach Macculloch*), in dieser Wechsellagerung eine Art Parallelismus, und man nimmt keine der sonst gewöhnlichen Brüche, Störungen oder wenigstens Biegungen da wahr, wo Trappe mit den Schichten in Berührung kommen. Die wenigen Unregelmäfsigkeiten werden augenscheinlich durch Abnahme der Mächtigkeit, oder durch das endliche Verschwinden der einzelnen Schichten bedingt.

Auf der anderen Seite können aber auch mancherlei Störungen gedacht werden. Je weiter z. B. die flüssige Masse zwischen den getrennten Schichten fortfliefst, desto schneller erstarrt das Ende des Stroms, und dem weiteren Fortfliefsen wird ein Ziel gesetzt. Wirkt aber die hebende Kraft noch, drängt sich also noch immer fort neue flüssige Masse

*) Vergl. v. Leonhard a. a. O. Abth. I. S. 484 ff.

in die der Spalte zunächst gelegenen Stellen ein: so wird die Schicht nur hier noch gehoben, und der frühere Parallelismus gestört.

Bei *Woodfordgreen* in *Gloucestershire* kann man, nach Buckland und Conybeare *) zwei Massen von Mandelstein-Trapp zwischen Schichten von Uebergangskalk und rothem Sandstein auf einer Strecke von ungefähr einer Stunde verfolgen. Sie laufen weit fort parallel, in östlicher Richtung nimmt aber ihre Mächtigkeit bedeutend ab. Dafs sie gangartigen Basaltmassen angehören, dafür sprechen die in ihnen eingeschlossenen Fragmente von Kalkstein.

Ist ein ganzes, zwischen Schichten eingedrungenes Lager erstarrt, ist aber die in der Spalte befindliche Masse noch flüssig und wirkt die hebende Kraft noch fort: so ist begreiflich, wie die flüssige Masse zwischen andere Schichten eindringen und neue Lager zwischen ihnen bilden kann. Eben so wohl kann aber auch die in einer, nicht zu Tage ausgehenden Spalte aufgestiegene feuerflüssige Masse gleichzeitig oder successive zwischen mehrere Schichten treten; denn dazu ist, wie sich aus dem Obigen ergiebt, nur eine Kraft erforderlich, welche die flüssige Masse selbst bis zu der Höhe zu heben vermöchte, welche die sedimentären Schichten mit ihren dazwischen geschobenen Massen besitzen. Genug, je nach dem Zusammenwirken bekannter und unbekannter Verhältnisse können mancherlei Modificationen eintreten. Es würde jedoch zu sehr zu willkührlichen Voraussetzungen führen, wenn wir noch mehr in's Einzelne eingehen wollten. Es reicht hin, gezeigt zu haben, dafs das Eindringen flüssiger Massen zwischen sedimentäre Formationen aus hydrostatischen Gesetzen erklärt werden kann. Und der auf den ersten Blick schwierig erklärbare Umstand, wie eine durch eine Spalte von geringer Weite aufsteigende flüssige Masse eine Schicht von grofser Ausdehnung heben könne, wird erklärbar, wenn man sich erinnert, dafs bei allen Bewegungen das sogenannte Kräftenmaafs des Cartesius gilt.

Es finden sich auch Wechsellager von Basalt und neptunisch metamorphosirten basaltischen Massen, die offenbar in

*) Transact. of the geol. Soc., new ser., Vol. I. p. 248.

eine ganz andere Kategorie gehören. Von solcher Art sind die im Atlas zu Leonhard's Basaltgebilden (Taf. VIII. Fig. 2 und 3) abgebildeten Verhältnisse am Vorgebirge *Bengore* in einer Ausdehnung von ungefähr vier engl. Meilen. Hier wechseln sieben Lager mehr oder weniger regelmäfsigen Säulenbasalts mit drei Lagern ocheriger Massen. Die oberste, ungefähr 60 Fufs hohe Lage besteht aus Säulenbasalt, die 9 Fufs mächtige Unterlage desselben, und die unterste 20 Fufs mächtige Schicht, welche die neun Lagen trägt, aus ocherigen Massen.

Es erscheint unzweifelhaft, dafs diese zehn Lagen ursprünglich basaltische Bildungen von successiver Entstehung waren, wovon aber drei, aus unregelmäfsigen basaltischen Massen gebildet, den Gewässern Zutritt gestatteten, und dadurch zersetzt wurden, während die sieben anderen, weil in Säulen abgesondert, den Gewässern und der Zersetzung widerstanden. Jene 60 Fufs hohe Lage von Säulenbasalt und die unter ihr liegende Lage aus ocherigen Massen liegen wagerecht, steigen aber gegen den Gipfel des Vorgebirges an. Es ist denkbar, dafs in Folge dieser Neigung die Gewässer ihren Lauf durch die Lage unregelmäfsiger basaltischer Massen nahmen. Die erwähnte unterste dieser Lagen ist um *Portmoon* nur bei sehr niederem Wasserstande sichtbar; ihre Zersetzung wurde daher ohne Zweifel durch das Meerwasser bewirkt. Der auf dieser Lage ruhende 44 Fufs mächtige Basalt, besonders regelmäfsig gebildet, ist der seit langer Zeit berühmte *Giants Causeway*.

Aehnliche Verhältnisse auf derselben Tafel abgebildet, zeigen sich auf *Disko*-Eiland. Lager von Trapptuff, Mandelstein und Thon bilden die Unterlage von Basalt u. s. w. Zeolithe in Drusenräumen der beiden ersten Lager bekunden, wenn es noch zweifelhaft sein könnte, die Zersetzungsprocesse auf nassem Wege, welche selbst das Basaltlager schon ergriffen haben; denn auch darin kommen Zeolithe, Quarz u. s. w. in Drusen vor. In *Indien* am Tafelland von *Malwa* sah Fraser an einem bis 1500 Fufs entblösten Durchschnitte eine Reihe vollkommen paralleler und wagrechter Lagen, abwechselnd aus Basalt und Mandelstein bestehend. Der Basalt ist hin und wieder säulenähnlich abgesondert, der Man-

delstein, überfüllt mit Zeolithen, meist ganz von Grünerde bedeckt, zeigt alle Härtegrade bis zur weichen, beinahe erdigen Masse.

Die Frage, wie verhält sich das Nebengestein, zwischen welchem feuerflüssige Massen aufgestiegen sein sollen, ist für die eruptive Entstehung der Basaltgänge von Wichtigkeit. Befänden sich die Gangmassen derselben überall noch in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit, so würden sich gewifs viele Stellen finden, wo die Einwirkung der Hitze sichtbar wäre. Allein schon a priori erkennt man, dafs nach gerade die mit einer eruptiven Entstehung verknüpften Verhältnisse meistens die Beweise einer solchen verhüllen müssen; denn ich habe durch Versuche nachgewiesen *), dafs feuerflüssiger Basalt eine bedeutende Contraction erleidet, wenn er aus diesem Zustande in den krystallinischen übergeht. In einer Spalte von 1 Fufs Mächtigkeit würde er z. B., wenn die Contraction in seinen drei Dimensionen in gleichem Verhältnisse erfolgte, nach seiner Erstarrung einen Zwischenraum zwischen sich und dem Nebengestein von 2,6 Linie auf jeder Seite gelassen haben. Solche Zwischenräume konnten im Laufe der Zeit nicht unausgefüllt bleiben. Durch sie sickerten Gewässer, welche theils zersetzend auf den Basalt und das Nebengestein wirkten, theils neue Substanzen mechanisch und chemisch darin absetzten. Die mechanischen Absätze, ocherigen Thon, nehmen wir meist zwischen den Basaltsäulen wahr; aber auch manchmal chemische Absätze. Ein ausgezeichnetes Beispiel letzterer Art zeigt ein Basaltbruch bei *Leubsdorf* am *Rhein*, wo sich zwischen den Säulen Arragonit von 2—3 Linie Dicke findet. Durch die Zersetzung des, die Säulenwände begrenzenden Basalts konnten die Zwischenräume gleichfalls ausgefüllt werden; denn dadurch wurde die krystallinische Beschaffenheit zerstört und das Volumen vergröfsert **), abgesehen von demjenigen, was das Nebengestein dazu lieferte.

Diese Verhältnisse führen zur nothwendigen Existenz von Saalbändern, wenn nicht die Basaltgänge zu wenig mächtig sind, als dafs die Contraction noch merkliche Zwischen-

*) v. Leonh. u. Bronn's n. Jahrb. f. Mineral. u. s. w. 1843. S. 1 ff

**) Ebendas. S. 48.

räume hervorbringen konnte, oder wenn nicht, wie bei sehr geneigten Gängen, das Hangende durch Senkung die Zwischenräume verschlofs.

Mehrere Beispiele von Saalbändern führt v. Leonhard an *), denen wir einiges besonders Bemerkenswerthe entlehnen. Am *Diewin* im *Bunzlauer* Kreise hat ein Basaltgang, ein Lachter mächtig, der im Sandstein aufsetzt, im Hangenden und Liegenden 5—6 Zoll starke Thoneisenstein-Streifen voll von Poren und blasenartigen Räumen. Darauf folgen, zu beiden Seiten gegen die Mitte, Wackenlagen, 12 Zoll mächtig, nach aufsen gelblichgrau, im Innern aschgrau, und Kalkspath, Hornblendetheilchen (?), Glimmerblättchen und concentrischschalige Basaltkugeln enthaltend. An diese Lagen schliefsen sich, zu beiden Seiten, schmälere Wackestreifen mit häufigen Glimmerblättchen und zarten Kalkspathadern an. In der Gangmitte endlich findet sich olivinhaltiger Kugelbasalt, der von Kalkspathschnüren durchzogen ist **). Dieser Gang war ursprünglich unzweifelhaft ein reiner Basaltgang, der durch Gewässer von aufsen nach innen zersetzt wurde, da gerade in dieser Richtung die Zersetzungsproducte abnehmen! — Aehnliche Erscheinungen zeigen sich am *Grasberge* bei *Dauba* und bei *Grofswallstadt*, zwischen *Aschaffenburg* und *Miltenberg*. An letzter Stelle, wo am Hangenden und Liegenden der Basalt von Brauneisenstein begleitet wird, schliefst jener Brocken und Keile von Sandstein, 40 bis 60 Pf. selbst mehrere Centner wiegend, ein.

In geognostischen Werken ist von Veränderungen des Nebengesteins der Basaltgänge so häufig die Rede, dafs man an ihrer Realität kaum sollte zweifeln können. Aber nicht minder häufig wird berichtet, dafs keine Veränderungen wahrzunehmen seien ***). Dafs ein grofser Theil der wirklichen Veränderungen von nichts weniger, als von der Hitze her-

*) A. a. O. Abth. I. S. 447.

**) Wenn sich im Basalte in der Gangmitte, welcher doch ohne Zweifel den Rest der Masse bildet, die sonst den ganzen Gang ausgefüllt hat, kein Glimmer finden sollte, wie man fast vermuthen möchte: so bleibt gewifs nichts anderes übrig, als auch dieses Fossil zu den Zersetzungsproducten des Basalts zu zählen.

***) Vergl. v. Leonhard's Basaltgebilde. Abth. II. S. 180 ff.

rührt, geht schon daraus hervor, dafs man ihrer Einwirkung oft ganz entgegengesetzte Veränderungen des Nebengesteins zuschreibt. Bald soll ein mürber, bald ein harter, feuersteinartiger Zustand des Thonschiefers diese Einwirkung anzeigen. Wenn man diesen durch Hitze mürbe werden läfst, so vergifst man, dafs man Ziegelsteine, Porcellan u. s. w. in den Oefen hart brennt. Alle in Schlacken eingeknetete Schiefer- oder Grauwackenbröckchen, welche ich untersucht habe, waren nicht mürber, sondern härter, als der ungebrannte Schiefer. Die Zunahme der Härte des Schiefers kann aber auch von einer andern Ursache herrühren. Die Umänderung des Schieferthons in Kieselschiefer hat gewifs keinen andern Grund, als dafs in ihm kieselsäurehaltige Gewässer Kieselsäure abgesetzt haben. Diefs ist um so leichter zu begreifen, wenn man an die vielen, in diesem und in den vorhergehenden Kapiteln beschriebenen Zersetzungsprocesse augitischer Labradorgesteine denkt, womit eine theilweise Ausscheidung von Kieselsäure verknüpft ist. Eine Veränderung des Nebengesteins, die erst lange nach der Erfüllung einer Spalte mit Basalt eingetreten ist, will man also der Hitze zuschreiben! —

Der Quarz verhält sich in der Hitze anders, als der Schiefer. Er wird mürbe, weil das Wasser aus seiner dichten Masse nicht, wie aus dem Schiefer entweichen kann, sondern ihn zersprengt. So sind die in Schlacken eingeschlossenen Quarze (S. 733), wie die einer lange anhaltenden Hitze ausgesetzt gewesenen Gestellsteine der Hohöfen, hinter ihrer Frittung mürbe. Die Frittung selbst erstreckt sich nur bis zu einer Entfernung von 6—8 Zoll *).

Das Verbleichen der rothen Farbe der Sandsteine gilt für ein gewöhnliches Kennzeichen der Einwirkung der Hitze. Sonderbar, dieselben Geognosten, welche die Entfärbung der Sandsteine der Hitze zuschreiben, nehmen keinen Anstand, die ziegelrothe Farbe der in Schlacken eingekneteten Thonschieferbruchstücke ihr gleichfalls zuzuschreiben. Und doch ist das färbende Princip in beiden dasselbe: nämlich Eisenoxyd, welches im gebrannten Schiefer, wie in den Ziegelsteinen, von zersetztem Eisenoxydhydrat herrührt, im rothen

*) Stengel in Nöggerath's Rheinl. Westph. Bd. II. S. 205.

Sandstein schon vorhanden ist. Wäre dieser Sandstein mit Färberröthe gefärbt, so wäre ein Bleichen durch Hitze zu begreifen; das Bleichen eines durch Eisen roth gefärbten Sandsteins durch Hitze hat aber keinen Sinn. Fragt man, welche Ursache hat den Sandstein gebleicht, d. h. auf welche Weise ist das Eisenoxyd fortgeführt worden: so ist die Antwort nicht so leicht. Indefs einen Procefs haben wir kennen gelernt, wodurch eisenhaltiger Sand gebleicht wird. (Bd. I. S. 940). Einen solchen Procefs zwischen den Basaltgängen und dem sie berührenden Sandsteine kann man mit Wahrscheinlichkeit annehmen, da in Folge der Contraction der Gangmasse ein Zwischenraum entsteht, in welchen Gewässer gelangen, deren nie fehlender Gehalt an organischen Ueberresten wohl eine Desoxydation des Eisenoxyds und eine Fortführung des Eisenoxyduls zu bewirken vermag.

Am *Wildenstein* bei *Büdingen*, wo der Basalt aus dem bunten Sandstein hervorgetreten ist, finden sich kleinere und gröfsere Parthien desselben säulenförmig abgesondert. Leonhard *) sah 7 Fufs lange und noch längere Säulen von 1 Zoll Durchmesser. Im Allgemeinen wechselt ihre Stärke zwischen $\frac{1}{4}$ Zoll und $\frac{1}{2}$ Fufs, und sie bleibt sich ziemlich gleich in denselben, von Basalt umschlossenen Sandsteinparthien. Diese Säulen haben auf dem Bruche eine graulichweifse, manchmal auch schwarzgefleckte Farbe. Selten sind sie unverändert geblieben; nur hin und wieder finden sich kleine Brocken von blafsrother Farbe. Der entfernt vom Basalte vorkommende unveränderte Sandstein ist dagegen meist einfach roth gefärbt, minder häufig gestreift oder gefleckt.

Die im hiesigen Mineralien-Cabinet befindlichen zahlreichen Sandstein-Säulen vom *Wildenstein* haben auf den Säulenflächen eine in das ochergelbe ziehende Färbung, hier und da mit kleinen Dendriten, welche wohl von abgesetztem Mangan herrühren mögen, manchmal sind sie mit einer papierdicken, rein ochergelben Rinde überzogen. Dafs sich dieses Eisenoxydhydrat erst nach der säulenförmigen Absonderung aus eisenhaltigen Gewässern abgesetzt hat, ist unzweifelhaft.

*) A. a. O. Abth. II. S. 357.

Wäre es schon vorhanden gewesen, als der Sandstein mit dem Basalte in Berührung kam, so hätte sich das Hydrat durch die Hitze in Oxyd umwandeln müssen. Auch auf den Bruchflächen der Säulen nimmt man diesen Ueberzug wahr; er hat aber hier mehr das Ansehen einer ochergelb gefärbten Thonmasse, welche mit Säuren nicht braust. Leonhard spricht auch von mehr oder weniger verglasten Theilen und von blasig glänzenden Parthien. Jene habe ich jedoch nicht, oder wenigstens nicht deutlich unterscheidbar von solchen Parthien im gewöhnlichen bunten Sandsteine wahrgenommen. Die Vergleichung ist übrigens, wegen der ganz verschiedenen Färbung des unveränderten und des veränderten Sandsteins, etwas schwierig.

Salzsäure zog aus dem veränderten und aus dem unveränderten Sandsteine etwas Eisenoxyd aus. In der Glühehitze gab jener Wasser, welches einen brenzlichen Geruch hatte und sowohl geröthetes Lackmuspapier blau färbte, als mit Salzsäure weifse Dämpfe gab. Er enthält daher organische Ueberreste, worauf auch die dunkelgraue Farbe des veränderten und geglühten Sandsteins deutet. Diese Ueberreste können, unter der Voraussetzung, dafs der Sandstein mit geschmolzenem Basalt in Berührung gekommen war, nur nach derselben durch Gewässer eingeführt worden sein; denn das Organische, was der Sandstein vor derselben enthalten haben mag, würde ebenso, wie beim künstlichen Glühen, zerstört worden sein. Dieselben Gewässer, wodurch der ocherige Ueberzug auf den Flächen der Sandsteinsäulen abgesetzt worden, waren es ohne Zweifel, welche in diesen die organischen Ueberreste zurückgelassen haben. Jene Vermuthung, dafs solche Ueberreste die Fortführung des Eisens und dadurch das Bleichen des Sandsteins bewirkt haben, gewinnt dadurch sehr an Wahrscheinlichkeit.

Es ist keine Frage, die säulenförmige Absonderung eines Gesteins, welches mit Basalt in Berührung gekommen war, ist einer der entschiedensten Beweise für den heifsen Zustand desselben. Sie ist stets eine Folge einer Zusammenziehung, mag sie, wie beim Thone, durch Austrocknung oder, wie bei der Lava, durch Erkaltung erfolgen. Es gilt stets das Gesetz, dafs die Axen der Säulen senkrecht auf der Ebene

der Austrocknung oder Erkaltung stehen. Daher sind die Säulen der erkalteten Lava, wie die des ausgetrockneten Thons, bei welchen die Zusammenziehung von der der Luft zugekehrten Fläche ausgeht, mehr oder weniger senkrecht, während die Basaltsäulen in den Gängen, wo das Nebengestein die Abkühlung bewirkt, mehr oder weniger wagerecht liegen.

Der vom Basalt umschlossene Sandstein mufs demnach gleichfalls eine Zusammenziehung erlitten haben, die nur durch eine vorhergegangene Ausdehnung bewirkt worden sein kann, wofür keine andere Ursache, als die Hitze zu finden ist. Es ist nicht anzunehmen, dafs eine mäfsige Wärme, welche nur das Wasser des Sandsteins fortgetrieben, die säulenförmige Absonderung bewirkt habe; denn dieses Wasser beträgt zu wenig, als dafs es, wie beim Thone, ein Schwinden verursachen könnte. Die Hitze des Basalts mufs also sehr stark gewesen sein, und langsam abgenommen haben, um eine Säulenbildung hervorgebracht zu haben, wie wir sie auch an den Gestellsteinen in Eisenhohöfen wahrnehmen.

Zum Ueberflusse habe ich einige Stücke unveränderten bunten Sandsteins aus der Nähe des *Wildenstein* 2 Stunden lang sehr heftig geglüht. Er verlor, wie zu erwarten war, nicht nur nicht seine rothe Farbe, sondern sie wurde sogar noch höher roth; besonders erschienen schmale Streifen, die schon im unveränderten Sandsteine höher roth, als die übrigen Stellen hervortraten, nach dem Glühen ganz dunkelziegelroth. Das färbende Princip in diesem bunten Sandsteine, nichts anderes als Eisenoxyd, konnte demnach durch die Hitze des Basalts unmöglich zerstört oder verflüchtigt worden sein. Aber diese Hitze war allerdings die entferntere Ursache des Bleichens; denn durch die Zerspaltung des Sandsteins in Säulen wurde das Eindringen der Gewässer in denselben sehr befördert. Da das Fortführen des Eisenoxyds, als solchen, durch Gewässer nicht gedacht werden kann: so bleibt keine andere Annahme übrig, als dafs es durch organische Ueberreste zu Oxydul reducirt wurde.

Eine untrügliche Wirkung der Hitze würde man an einem Schiefer wahrnehmen, der Eisenoxydhydrat enthielte; denn es müfste sich hier ein allmäliger Uebergang des im Contacte mit dem Basalte roth gebrannten Hydrats in braun zeigen,

dieses Kennzeichen könnte sich aber im Laufe der Zeit durch die zersetzenden Wirkungen der Gewässer gänzlich verwischen, und um so mehr, da sich die Wirkung der Hitze, wegen der schlechten Wärmeleitungs-Fähigkeit des Gesteins, nur bis zu geringer Entfernung vom Contacte erstreckt haben würde.

Was den gefritteten, halb geschmolzenen oder verglasten Zustand des Nebengesteins betrifft, so ist derselbe unverkennbar da wahrzunehmen, wo man nicht erst aus diesem Zustande auf die Feuereinwirkung zu schliefsen braucht (S. 731 ff.). Vor wenigen Tagen fand ich am *Roderberg* einen quarzigen Rollstein mit einem schmutzig gelblichen, verglasten Ueberzuge, kaum von der Dicke des feinsten Papiers. Daran waren an einer Stelle ein gröfseres Stück, an anderen viele linsengrofse Parthien Lava fest angeschmolzen. Aber auch nur auf der äufsern Fläche des Rollsteins zeigt sich die Einwirkung der Hitze; würde man die Lavaparthien abschlagen und die Oberfläche abschleifen, so würde Niemand aus der Beschaffenheit der inneren Masse auf eine solche Einwirkung schliefsen. Ebenso verhalten sich die auf der Oberfläche verglasten Thonschiefer- und Grauwacken-Brocken, welche sich häufig zwischen Schlackenmassen bei *Boos* in der *Eifel* finden. Sie erscheinen, als wenn sie in einen Glashafen getaucht worden wären; kaum kann man jedoch auf den Bruchflächen die Dicke des Glasüberzugs nur wahrnehmen. Das Innere, wenn man die rothgebrannten Brocken ausnimmt, erscheint in der Farbe, im Bruche und in der dichten Beschaffenheit (nicht im mindesten blasig) so unverändert, dafs man etwa nur, weil man weifs, dafs sie einer starken Hitze ausgesetzt waren, die Wirkung derselben wahrzunehmen glauben könnte.

Hätten diese Brocken das Nebengestein eines Basaltganges gebildet, wäre im Laufe der Zeit durch die dazwischen geflossenen Gewässer der dünne glasige Ueberzug erdig geworden, hätten diese auch das Innere des Gesteins etwas mürbe gemacht: so würde Niemand auch nur entfernt auf eine früher stattgefundene Einwirkung der Hitze schliefsen. Leicht könnte aber derjenige, welcher, weil ein Basaltgang das Gestein begrenzt, Einwirkungen der Hitze wittert, den

mürben oder zersetzten Zustand desselben solchen Einwirkungen zuschreiben.

Oft wird von einem gefritteten oder geflossenen Zustand bei Fossilien gesprochen, wo auch nicht entfernt an eine Bildung durch Feuer zu denken ist. So glaubt man im sogenannten schwarzen Eisenopal, wovon weiter unten die Rede sein wird, geflossene Formen zu sehen *). Nun ja, es sind Formen, ähnlich denen des Holzopals. Sollte Jemand diesen für eine feuerflüssige Bildung halten, so könnten wir gegen die Consequenz, dafs auch jener eine solche sei, nichts erinnern, aber das müfsten wir bemerken, dafs der Eisenopal in ganz mäfsiger Hitze 22 Proc. Wasser und Sauerstoff verliert. Der bunte Sandstein erscheint, wenn man ihn durch eine scharfe Lupe betrachtet, gerade so gefrittet, wie etwa ein Gestellstein, dem im Hohofen viel zugemuthet worden ist, und doch wird Niemand bei jenem an eine Wirkung der Hitze denken.

Nirgends kann sich bessere Gelegenheit darbieten, Veränderungen im Nebengesteine wahrzunehmen, als da, wo durch den Bergbau Basaltgänge an vielen Stellen aufgeschlossen sind, wie z. B. in der Grube *Alte Birke* an der *eisernen Hardt* bei *Siegen*. Der Grauwackenschiefer soll hier, nach dem Bergmeister Schmidt *), auch wirklich in der Berührung mit Basalt stellenweise so verändert sein, als wäre er einer höheren Temperatur ausgesetzt gewesen. Worin diese Veränderungen bestehen, ist nicht bemerkt. Sollte er blasig und härter, als gewöhnlicher Grauwackenschiefer sein? — Das Liegende des *Handelsmanner* Basaltganges, ein durch Eisenoxyd röthlich gefärbter Grauwackenschiefer, ist 20 Zoll weit vom Gange verändert. Seine Saalbänder bilden rothen Eisenopal, auf welchen nach der Mitte hin schwarzer Eisenopal und dann Wackenthon folgt. Besteht, wie zu vermuthen, jene Veränderung in einer Aufnahme von Eisenoxydhydrat: so ist sie gewifs nicht durch den Basalt bewirkt worden. Gerade die Saalbänder aus Eisenopal sprechen entschieden für Bil-

*) Bergrath Schmidt in v. Leonhard's Basaltgebilden. Abth. I. S. 452 ff.

*) Karsten's und v. Dechen's Archiv u. s. w. Bd. XXII. S. 103 ff.

dungen auf nassem Wege. Dafs die eisenhaltigen Gewässer im Grauwackenschiefer Eisenoxydhydrat abgesetzt haben, ist um so gewisser, da das Nebengestein des *Birker* Ganges überall, so wie wohl aller *Siegener* Gänge, wo die Ausfüllung Brauneisenstein ist, aus braunem, gelblich gefärbtem, und wo es Eisenspath ist, aus blauem Grauwackenschiefer besteht.

Entschiedenere Beweise, dafs die Veränderungen des Nebengesteins auf nassem Wege erfolgt sind, lassen sich nicht beibringen. Derselben Umwandlung, welche der Eisenspath in Brauneisenstein auf den Gängen erlitten hat, war auch das in das Nebengestein eingedrungene kohlensaure Eisenoxydul *), oder das darin enthaltene Eisenoxydulsilicat unterworfen; daher die braune Färbung des Grauwackenschiefers. Wo sich dagegen der Eisenspath der Gangmasse unverändert erhalten hat, da war auch kein Grund zur Umwandlung des Eisenoxyduls im Nebengesteine vorhanden; daher die blaue Färbung des Grauwackenschiefers. Unzweifelhaft verwechselt man hier Veränderungen durch das Wasser mit denen durch das Feuer **). Nach Schmidt's weiteren Nachweisungen von Veränderungen des Nebengesteins, sollen dieselben bald kaum 1—2 Zoll weit reichen, und darin bestehen, dafs der Grauwackenschiefer nur etwas mürbe und weifs geworden ist und sich von der Basaltmasse ablöst, bald soll das Nebengestein zwar etwas verändert aber nicht gefrittet, bald der Frittung nahe, stark geröstet (?) bald gar nicht, bald nur durch eingedrungenen Sphärosiderit verändert erscheinen.

Die Beschaffenheit des Nebengesteins der Basaltgänge liefert ~~hat~~ daher nur in seltenen Fällen Beweise für den feuerflüssigen Ursprung des Basalts. Es sind aber Fälle bekannt, wo die Saalbänder unverkennbar auf diesen Ursprung

*) Ein blauer Grauwackenschiefer von diesem Vorkommen, der aber schon sehr ocherig geworden war, enthielt wirklich etwas Kohlensäure.

**) Es würde uns gar nicht wundern, wenn ein Ultraplutonist, der auch die Eisenerzgänge für eruptive Erzeugnisse hält, jene Veränderung des Nebengesteins an den Brauneisensteingängen als Beweise für eine solche Entstehung nähme.

deuten. Merkwürdiger Weise finden sie sich jedoch da, wo ein solcher Ursprung nicht erst erwiesen zu werden braucht: nämlich in der Nähe von Vulkanen.

So beschreibt Necker-de Saussure einen Wackenähnlichen Gang am Felsen des *Primo-Monte* an der steilen Wand des *Somma*, der ein Saalband von ausgezeichnet glasiger Lava zeigt. Nach Mackenzie haben die doleritischen Gänge auf der Insel *Vidöe* bei *Island* bisweilen an ihren Wänden bald mehr bald weniger starke glasige Ueberzüge, die sich allmälig in die Gangmasse verlaufen. Nach L. v. Buch setzt auf *Teneriffa* in Schichten von rothen Lapilli und Bimsstein ein 12 Lachter mächtiger Basaltgang auf, der zu beiden Seiten saalbänderartige Lagen von Schlackenstücken, 1 Fufs stark, einschliefst *).

Lange habe ich einen Basaltgang vergeblich aufgesucht, wo weder Saalbänder vorhanden sind, noch die Gangmasse und das Nebengestein Eisenoxydhydrat enthalten. Nur einen, zwar schon längst bekannten, aber erst vor wenigen Jahren durch den Strafsenbau tiefer aufgeschlossenen Basaltgang, an der *Lochmühle*, eine halbe Stunde unterhalb *Altenahr*, habe ich gefunden, welcher von jener Beschaffenheit ist. Der Basalt ist hier in unmittelbarer Berührung mit dem Thonschiefer. Er erscheint in kugelförmigen Absonderungen, ist leicht zerschlagbar, hat ein erdiges, wackenartiges Ansehen, scheint aber seine ursprüngliche Farbe nicht wesentlich verändert zu haben. Auf den Bruchflächen zeigen sich häufig weifse, sternförmig an einander gereihte, in Salzsäure unter Aufbrausen lösliche Nadeln, und Kalkspathe in kleinen Blasenräumen. Ein Stück Basalt in verdünnter Säure liegend, entwickelte unzählige Bläschen, so dafs er ganz mit kohlensaurem Kalk durchdrungen erschien. Ochergelbe Flecken fanden sich nicht in ihm; auch jene Kalkspathe konnten, da sie farblos waren, nicht merklich eisenhaltig gewesen sein. Nachdem jener Basalt über Nacht in der Säure liegen geblieben, hatte derselbe, aufser der Kalkerde, viel Eisenoxydul aufgelöst, welches gleichfalls zeigt, dafs der Zersetzungsprocess nicht das Eisenoxydulsilicat, sondern das Kalksilicat ergriffen

*) v. Leonhard a. a. O. S. 454.

hatte. Neben den Basaltkugeln finden sich grauweifse, thonige Massen: eine durch weitere Zersetzung entstandene Wacke.

Thonschieferstücke von unmittelbarer Berührung mit Basalt und mehrere Fufs davon entfernt, unterscheiden sich im Allgemeinen nicht von einander. Erstere zeigen auch nicht eine Spur einer Einwirkung von Hitze; zwischen den Schieferungsflächen befinden sich aber papierdicke Rinden von kohlensaurer Kalkerde, und überall sind Stellen, die mit Säuren brausen. An einem Stücke, welches einige Fufs vom Gange entfernt abgeschlagen wurde, waren nur zwei Pünctchen, die mit Säuren brausten.

Jene Absätze von kohlensaurer Kalkerde rühren unzweifelhaft von Gewässern her, welche, im Gange herabfliefsend, dieses Carbonat aus dem zersetzten Basalt aufgenommen, und in das Nebengestein geführt haben. Behandelt man die Contactstücke mit Säuren, so werden sie den entfernt vom Gange vorkommenden vollkommen ähnlich. Wer an solchen Contactstücken immer nur gewohnt ist, die Einwirkung von Hitze zu sehen, kann leicht verleitet werden, die geringen, durch Absatz von kohlensaurer Kalkerde bewirkten Veränderungen jener zuzuschreiben. Allerdings rühren sie vom Basalte her, nicht aber von dem feuerflüssigen, sondern von dem in Zersetzung begriffenen Basalte. Weil diese Zersetzung nur das Kalksilicat ergriffen hat, so bietet dieser Basaltgang die seltene Gelegenheit dar, ihre Einwirkung auf das Nebengestein deutlich wahrzunehmen. Denn zersetzt sich das Eisenoxydulsilicat, und setzen die Gewässer theils im Basalt, theils im Thonschiefer, theils zwischen beiden Eisenoxydhydrat ab: so ist, da dieses Silicat in beiden Gesteinen vorkommt, nicht zu entscheiden, ob diese Absätze vom Basalt oder vom Thonschiefer herrühren. Die geringe ocherige Färbung zwischen Absonderungsflächen dieses Gesteins stammt ohne Zweifel von zersetztem Eisenoxydulsilicat in demselben ab.

Berücksichtigt man, dafs das in der Schlackenmasse der *Falkenley* eingeknetete, etwas gröfsere, und die auf der äufsern Fläche ganz verglasten Thonschieferbruchstücke von *Boos* kaum merkliche Veränderungen im Innern zeigen, beachtet man ferner, dafs auch diese Veränderungen im Laufe

der Zeit verschwinden, wenn solche Gesteine dem Einflusse der Gewässer ausgesetzt sind: so kann man nicht erwarten, im Thonschiefer an den Basaltgängen Veränderungen wahrzunehmen, sofern der Basalt im feuerflüssigen Zustande aufgestiegen ist. Das Nebengestein wird nur an einer Seite von der geschmolzenen Masse berührt. Blasig kann es nicht werden, weil die Feuchtigkeit nach innen zu entweichen vermag. Sollte auch eine Verglasung an der Contactfläche, wie bei jenen Bruchstücken stattfinden: so dringen alsbald, sofern eine auch nur geringe Contraction eintritt, Gewässer dazwischen und zersetzen die dünne glasige Rinde. Wenn der glasige Zustand auch lange vor Zersetzung schützt, so kann er den zersetzenden Wirkungen der Gewässer doch nicht für immer widerstehen, wie das Mattwerden der Fensterscheiben an alten Gebäuden zeigt. Ein Bruchstück eines alten Fensters vom kölner Dom, welches ich besitze, ist nicht blofs matt, sondern im hohen Grade zersetzt und zerfressen.

Die Stelle, wo ich den beschriebenen Basaltgang untersucht habe, liegt ungefähr 25 Fufs unter seinem Ausgehenden. Nahe diesem finden sich im Gange ocherige Ausscheidungen, welche darthun, dafs dort ein zweiter Zersetzungsprocess eingetreten ist, der das Eisenoxydulsilicat ergriffen hat.

Diefs zeigt sich noch deutlicher auf der andern Seite der Strafse, wo sich ein Basaltkamm fortzieht, aus welchem einzelne Felsen hervorragen, und der gleichfalls ein mächtiger Gang zu sein scheint. Vom Thonschiefergebirge sind nur noch einzelne Felsen vorhanden, der gröfsere Theil ist von der *Ahr*, die um jenen Kamm fliefst, losgerissen und fortgeführt worden.

An einer Stelle fand ich auch hier den Contact des Basalts mit dem Thonschiefer, der auf seinen Schichtungsflächen mit Eisenoxydhydrat überzogen ist. Zwischen beiden Gesteinen erscheint eine ocherbraune erdige Masse: ohne Zweifel zersetzter Basalt. Auch da, wo man dieses Gestein noch erkennt, ist es sehr zersetzt, und in vielen kleinen Drusenräumen findet sich Eisenocher, in einigen auch kohlensaure Kalkerde, mit Spuren von kohlensaurer Magnesia. Das ganze Gestein braust mit Säuren, aber nur wenig, und Kalkerde wird

ausgezogen. Vom Basaltkamme zieht sich nördlich Basalt, der durch einen Steinbruch aufgeschlossen ist, bis in die *Ahr* hinab. Dieser Basalt wird von vielen, mehr oder weniger senkrechten Adern durchsetzt, welche zum Theil mit Säuren brausen, zum Theil nicht. Aus dem Basalte selbst entwickeln die Säuren gleichfalls viele Gasbläschen.

An jener Stelle ist der Contact zwischen dem Basalte und dem Thonschiefer durch jene erdige Masse, welche man als Saalband betrachten kann, so verändert, dafs durchaus nichts mehr wahrzunehmen ist, was nur entfernt auf eine Einwirkung der Hitze schliefsen lassen könnte. Der Contact dürfte vielleicht reiner hervortreten, wenn der Basaltgang an tiefern Stellen aufgeschlossen würde; man würde aber ohne Zweifel eben so wenig, wie bei dem obigen Gange, eine durch Hitze bewirkte Veränderung finden.

Auch in diesem Basalte wurde das Kalksilicat zuerst und später das Eisenoxydulsilicat, gegen das Ausgehende des Ganges, zersetzt. Die Gewässer führten die kohlensaure Kalkerde den tieferen Stellen zu, und setzten sie in jenen Adern ab; das Brausen des damit durchzogenen Gesteins zeigt aber, dafs auch schon hier das Kalksilicat der Zersetzung erlegen ist, ohne dafs ein merklicher Angriff des Eisenoxydulsilicats stattgefunden hat.

Bemerkenswerth ist, dafs die aus dem Kamme hervorragenden Basaltfelsen von der Zersetzung fast gar nicht angegriffen worden sind: wahrscheinlich defshalb nicht, weil in ihnen die Gewässer nicht stagniren (S. 723). Weder die Masse selbst, noch die weifse Rinde dieser Basaltfelsen braust mit Säuren. Letztere ist daher das so häufig vorkommende, oben (S. 722) bemerkte Zersetzungsproduct des Basalts.

Beachten wir diese und die schon früher betrachteten Zersetzungen, denen augitische Labradorgesteine so sehr und namentlich in Gängen unterworfen sind: so überzeugen wir uns, dafs nach Verlauf eines so langen Zeitraums, der seit der Erfüllung der Gangspalten mit diesen Gesteinen verflossen ist, eine entschiedene Einwirkung der Hitze auf das Nebengestein nur selten wahrzunehmen sein kann, wenn sie auch ursprünglich stattgefunden haben sollte. Die fehlenden Einwirkungen können daher eben so wenig gegen eine Er-

füllung auf feuerflüssigem Wege, als viele wirkliche Veränderungen für dieselben beweisen.

Dem Anscheine nach sind Einwirkungen der Hitze des Basalts am meisten da zu erwarten, wo dieser in Berührung mit Braunkohlen vorkommt. Der Braunkohlen - Bergbau am *Meifsner*, im *Vogelsgebirge*, *Westerwald* u. s. w. gab Gelegenheit zu verschiedenen Beobachtungen über das Verhalten der Braunkohlen, des plastischen Thons u. s. w. zum berührenden Basalte.

Am *Meifsner*, wo sich zwischen den Braunkohlenlagern und einer colossalen Basaltdecke eine Lage plastischen Thons, oft kaum 6 Zoll, manchmal jedoch bis zu 5 Fufs mächtig, findet, erscheint der Thon in stänglichen Absonderungen, welche in die Kohlen niedersetzen. Der basaltischen Decke sind die Thonsäulen unter rechtem Winkel zugekehrt. Im *Vogelsgebirge* bei *Ettinghausen* zeigt sich diese Absonderung bis zu einer Entfernung von 2 bis $2\frac{1}{2}$ Fufs von der Auflagerungs-Fläche des Basalts. Diese Thonsäulen sind in der Berührung mit Basalt und bis zu einer Entfernung von mehreren Zollen rothbraun, weiter davon entfernt nehmen sie aber lichte röthliche und graue Farben an. Unfern der kleinen Stadt *St. Saturnin* im Dep. *Puy - de - Dome* breitet sich ein Basaltstrom über eine Thonschicht aus, welche zahlreiche vegetabilische Ueberreste einschliefst. Diese Reste erscheinen in Holzkohle umgewandelt und der Thon ist erhärtet und 10 bis 12 Zoll tief in kleine, senkrecht stehende Prismen abgesondert. Der sandige Thon, über den der südliche Strom des Vulkans von *Gravenoir* flofs, ist gelb und röthlich, erhärtet, sehr rissig und in parallelepipedische Stücke zerspalten *).

Diese säulenförmige Absonderung des Thons unter basaltischen Strömen, welche aus Kratern geflossen sind, lässt allerdings schliefsen, dafs dieselbe Erscheinung dort, wo Krater nicht nachweisbar sind, eine gleiche Ursache, die Hitze der basaltischen Massen, habe.

Minder deutlich zeigen sich diese Wirkungen an den Kohlen selbst. Man will zwar die grauliche oder pechschwarze

*) v. Leonhard a. a. O. Abth. II. S. 277 ff.

Färbung, den muscheligen Bruch und den Fettglanz der, unmittelbar unter dem, säulenförmig abgesonderten Thon liegenden Braunkohlen einer Wirkung der Hitze zuschreiben; wo aber der plastische Thon eine Mächtigkeit von 5 Fufs erreicht, ist eine Fortleitung der Wärme bis zu den Braunkohlen in dem Grade, dafs hier noch bedeutende Veränderungen eintreten könnten, um so weniger zu erwarten, als der die Kohlen berührende Thon noch Hydratwasser und, wenn auch nur wenig, Bitumen enthält. Wir bezweifeln daher, dafs sich die Einwirkungen der Hitze 7 bis 8 Fufs tief, durch das Thonlager hindurch, in den Braunkohlen wahrnehmen lassen sollten *).

Neuere Beobachtungen und Versuche zeigen, dafs die Braunkohlen Veränderungen erleiden können, welche denen durch Hitze sehr ähnlich sind. Gewöhnliches bituminöses Holz, aus einer Braunkohlengrube auf der *Hardt* bei *Pützchen*, eine Stunde von *Bonn*, wird beim Austrocknen zur schönsten Pechkohle mit vollkommen muscheligem Bruche und Fettglanze. Die Holzform und die Fasertextur verschwinden gänzlich. Das bituminöse Holz, welches diese Umwandlung erleidet, unterscheidet sich im noch feuchten Zustande durchaus nicht von jedem anderen, welches einer solchen Umwandlung nicht unterworfen ist. Ich fand, dafs sich Stücke solchen Holzes, welche in der Grube abgeschlagen und sogleich in Flaschen eingeschlossen wurden, unter der Luftpumpe mittelst Schwefelsäure getrocknet, schon nach einigen Tagen merklich in Pechkohle umwandelten, während davon abgebrochene Stücke, in der Luft ebenso lange liegend, auch nicht eine Spur einer solchen Umwandlung wahrnehmen liefsen. Als andere, in Flaschen eingeschlossene Stücke darin acht Tage lang aufbewahrt blieben, zeigte sich eine bedeutende Verminderung des Sauerstoffs in der eingeschlossenen atmosphärischen Luft, ohne dafs sich jedoch Kohlensäure gebildet hätte. Diese Kohlen hatten sich aber, da sie in der eingeschlossenen Luft nicht austrocknen konnten, nicht im mindesten verändert. Die Umwandlung scheint daher wesentlich von der Austrocknung abhängig zu sein. In dem bituminö-

*) A. a. O. S. 292.

sen Holze, welches sich in trockner Luft in Pechkohle umgewandelt hatte, und wobei mit der Austrocknung eine Sauerstoff-Absorption verbunden war, haben beide Ursachen zusammengewirkt. Diefs geht auch daraus hervor, dafs einige, in einem geheizten Zimmer, 11 Tage lang gelegene Stücke bituminöses Holz eine viel vollständigere Umwandlung in Pechkohle erlitten hatten, als jene Stücke unter der Luftpumpe.

Da das im Flötze eingeschlossene bituminöse Holz, wenn es mit einem, den Zutritt der Luft verschliefsenden Thonlager bedeckt ist, nicht austrocknen kann: so kann auch keine Umwandlung stattfinden, sondern erst dann, wenn es zu Tage kommt. Sind aber die Verhältnisse von der Art, dafs das bituminöse Holz nicht blofs austrocknen, sondern auch Sauerstoffgas absorbiren kann: so ist denkbar, wie es sich schon in den Braunkohlenlagern in Pechkohle umwandelt. Dafs eine Sauerstoff-Absorption in Braunkohlenlagern wirklich stattfindet, zeigen die nicht seltenen Stickwetter in ihnen. Das Vorkommen von Pechkohle in Braunkohlenlagern, die mit Basalt in Berührung gekommen, kann also keinen entschiedenen Beweis für die Einwirkung der Hitze abgeben.

Ist aber, wie am *Meifsner*, der plastische Thon zerklüftet, so wird dadurch der Zutritt der Luft, mithin Austrocknung und Sauerstoff-Absorption begünstigt. Sofern die Hitze des Basalts diese Zerklüftung bewirkt, kann sie daher eine mittelbare Veranlassung zur Umwandlung des bituminösen Holzes in Pechkohle werden.

Am *Meifsner* findet sich, jedoch nur stellenweise, die Stangenkohle und Glanzkohle zunächst unter dem plastischen Thone, und die Pechkohle in der Regel tiefer. Diese enthält aber auch sehr viel Bitumen, weniger die Glanzkohle, und nur geringe Spuren die an die Stangenkohle grenzende Glanzkohle. Wo aber Bitumen vorhanden, da ist nicht an eine Umwandlung durch Hitze zu denken. Ueberdiefs erscheinen die veränderten Braunkohlen im Allgemeinen weder unter einander, noch von den unveränderten scharf gesondert: sie sind mannichfach mit einander verschlungen. So dringen Streifen von Pechkohle in die Braunkohlen ein und durchziehen dieselben.

Am *Hirschberg* findet sich der Basalt in unmittelbarem

Contacte mit der Braunkohle, und diese besteht aus Stangen- und Glanzkohle. Am *Habichtswald* zeigt sich die Braunkohle nicht wesentlich verändert, wenn die basaltischen Durchbrüche nur 4—6 Fufs mächtig sind. Erreichen diese aber eine Mächtigkeit von 10—12 Fufs, so erscheinen die Kohlen 1 bis 1½ Zoll weit stänglich abgesondert *).

Eine Revision der Contacterscheinungen zwischen Basalt und Braunkohlen mit Berücksichtigung des Umstandes, dafs, aufser der Hitze, auch andere Processe, namentlich bei der Umwandlung in Pechkohle, Veränderungen in den Braunkohlen hervorbringen können, ist sehr zu wünschen. Die Zahl der wirklichen Veränderungen durch Hitze dürfte sich dann sehr reduciren; es ist wenigstens auffallend, dafs an anderen Orten, wo Braunkohlen mit Basalt in Berührung gekommen sind, wie in *Böhmen* und am *Great Causeway*, jene kaum oder gar nicht verändert erscheinen **).

Nachdem wir die Möglichkeit des Aufsteigens geschmolzener Massen aus dem chemischen und physikalischen Gesichtspuncte beleuchtet haben, ist uns noch übrig, der ziemlich zahlreichen Beweise für eine Erhebung augitischer Labradorgesteine aus dem Innern zu gedenken, welche v. Buch ***) zuerst in der Gegend des *Fassathals* wahrgenommen hat. Die dortigen Augitporphyre erscheinen nie in gleichförmiger Lagerung mit andern Gebirgsarten. Bei *Colfosco* trägt ein augitisches Gestein eine sehr beträchtliche, über 20 F. lange Masse dünner Lagen von Grauwacke, schwarzem Kalkstein und Thonschiefer, welche jenes Gestein aus dem Innern entnommen haben mufs. Unterhalb des Ortes *Sotto i Sassi* ist ein grofser Theil der Dolomit-Lagen geschieden von der Gesammtmasse und umgeben von augitischen Gesteinen. Dieses Verhältnifs ist sehr ähnlich den Schichten-Theilen von, in Dolerit eingeschlossenem rothem Sandsteine, am *Salisbury Craig*, nach Hutton's und James Hall's Entdeckung, und denen,

*) A. a. O. S. 286 ff.

**) A. a. O. S. 308.

***) Annal. de chim. et de phys. T. XXIII. P. 276 cet. und übersetzt in den geognost. Briefen von L. v. Buch, herausgegeben von v. Leonhard. 1824. S. 53 ff.

die in den Doleriten des Schlosses von *Sterling* gefunden werden, nach Macculloch's Beschreibung und Abbildung. Die Lager von rothem Sandsteine und von, Muscheln einschliefsendem Kalk finden sich in der Gegend des *Fassathals* in abgerissener Stellung, und zugleich auf so verschiedenen Höhen von 900 bis 7200 Fufs, dafs man diese abgesonderten Theile nicht auf ein allgemeines Niveau und selbst nicht auf ein allgemeines Fallen zurückführen kann. Aber überall, wo jene Sandsteine und Kalklager so bedeutend steile Abdachungen zeigen, liegt Dolomit auf ihnen. Alle diese Lager und der Dolomit scheinen demnach durch den Augitporphyr aufwärts getrieben worden zu sein; denn es wäre nicht einzusehen, wie dieser jene hätte durchdringen können, ohne sie emporzuheben. Das Emporheben des Augitporphyrs ist später erfolgt, als die Bildung der rothen Sandsteine und der Kalkschichten. Er hat gleichfalls den rothen Porphyr emporgehoben und durchbrochen. Es ist indefs, nach v. Buch's Ansicht, nicht ein einzelner augitischer Fels, sondern es ist die ganze Oberfläche eines Landstrichs, der emporstieg. Die ganze Kette der Alpen, wenigstens die der Kalkalpen, verdankt ihre Erhebung der augitischen Formation. Aehnliches glaubt v. Buch *) auch im *Thüringer Wald* vertheidigen zu können. Auch hier haben sich, soweit dieses Gebirge aus Porphyr besteht, Gebirgsarten über Spalten zu Gebirgszügen erhoben. Was vom Augitporphyr gilt, hat auch Bezug auf den Basalt.

Diese Hypothesen gründet v. Buch auf das Phänomen von Spalten und auf das, was aus ihnen bei vulkanischen Eruptionen hervordringt. Jede, auch die kleinste Eruption eines Vulkans dringt niemals aus einer runden Kraleröffnung hervor, sondern jederzeit aus einer langgezogenen Spalte. Da die flüssige Masse aber nur da fortdauernd ausläuft, wo der geringste Widerstand ist, die Masse aber in den übrigen Theilen der Spalte sehr schnell erstarrt und das weitere Vordringen hindert: so sehen wir freilich den Lavastrom aus kleinen runden Kratern ausfliefsen.

Man sieht, v. Buch knüpfte hier an analoge Erscheinungen an, und diefs ist im Gebiete alles Wissens stets ein

*) A. a. O. S. 202.

sehr dankenswerthes Bemühen. Die Schüler wollten aber den Meister übertreffen und eben defshalb wurden sie seinen Lehren untreu. Sie setzten sich über das schnelle Erstarren in engen Spalten hinweg und nahmen keinen Anstand, selbst in solchen, welche kaum die Stärke des feinsten Papierstreifens besitzen, noch geschmolzene granitische Massen aufsteigen zu lassen (Bd. II. S. 348.). Diefs sind aber nicht etwa veraltete Vorstellungen, aus einer Zeit, wo man, überrascht durch den dargebotenen Anknüpfungspunct an vulkanische Erscheinungen, den Schlüssel zur Erklärung aller Spalten-Phänomene gefunden zu haben glaubte, und wo das neue Licht leicht die Augen blenden konnte; nein, jetzt noch, in der Jahrestags-Rede in der geologischen Societät zu *London*, im Jahr 1847, lesen wir, wie Granitadern, oft so dünn, wie ein ziemlich dünner Draht durch aufgequollene Massen erfüllt worden sein sollen. Daher setzt der Autor hinzu, mufs nicht nur der Druck grofs, sondern auch die Hitze und Flüssigkeit der Masse stark gewesen sein.

Was man doch nicht alles dem Drucke zuzuschreiben sich bemüht. Was werden aber unsere Nachkommen sagen, wenn man einst zu besserer Einsicht gekommen sein wird? — Wie werden sie solche unnatürliche Vorstellungen einigen können mit dem Standpuncte, welchen die physikalischen Wissenschaften im Jahre 1847 erreicht hatten? —

Den überaus wichtigen Beobachtungen Leop. v. Buch's reihen wir die Resultate mühsamer, durch oft wiederholten Besuch der Trappgesteine im Kohlengebirge der *Nahe* und *Saar* gewonnenen Forschungen v. Dechen's an *).

In diesem Kohlengebirge treten die Trappgesteine in vier verschiedenen Lagerungsverhältnissen oder Formen auf. Damit möchten wohl überhaupt die Formen erschöpft sein, in denen die Trappgesteine in anderen Kohlengebirgen vorkommen.

Diese Formen sind:

1. Gänge, von einer Mächtigkeit von etwa 4—5 Fufs

*) Mit grofser Güte hat mein verehrter Freund meine Bitte um Mittheilung dieser Resultate erfüllt, und mich dadurch zum verbindlichsten Danke verpflichtet.

bis zu 40 Fufs steigend, die beiden Seiten geradflächig und parallel, das Einfallen wenig von der seigern Stellung abweichend; die Längenerstreckung bis zu nahe einer Meile reichend, in vielen Fällen nur auf einen oder ein Paar sichtbare Puncte beschränkt. Das Durchschneiden der Schichten ist sehr scharf. Bisweilen sind in den Gängen Parthien des Nebengesteins eingeschlossen, an denen sich auch Veränderungen zeigen. So die Veränderung des Schieferthons in Kieselschiefer oder in Thonstein. Sonst ist das Nebengestein der Gänge gewöhnlich ganz unverändert. An den Seiten ist der Trapp gewöhnlich plattenförmig abgesondert, den Seiten parallel, in der Mitte prismatisch, die Axen der Prismen winkelrecht gegen die Gangfläche *).

2. Lager, von einer Mächtigkeit von 5 Fufs bis zu 150 und 200 Fufs steigend. Diese Trapplager, so weit die Beobachtung reicht, liegen völlig gleichförmig zwischen den Schichten des Kohlengebirges. Ihre Längenerstreckung beträgt von 100 Fufs bis zu zwei Meilen und in einzelnen Fällen wohl noch darüber. An vielen Puncten sind die untern und obern Schichten des Kohlengebirges ganz unverändert. An einigen Stellen kommen mehrere solcher Trapplager ziemlich nahe über einander liegend vor; an andern sind sie ziemlich einzeln. Ihre Zerklüftung ist im Allgemeinen winkelrecht gegen die Schichtungsflächen, und geht hier und da in eine regelmäfsige säulenförmige Absonderung über. Bei weitem die gröfste Anzahl der, in diesem Kohlengebirge vorkommenden Trappparthien findet sich in dieser Form. Die Entblösungen der Grenzen oder der Auflagerungsflächen sind freilich nicht so häufig, dafs ein ganz bestimmtes Urtheil darüber möglich wäre, ob auch überall die Begrenzung dieser Trappparthien vollkommen gleichförmig mit den Schichten des Kohlengebirges sei, oder ob hier und da Abweichungen vorkommen. Es läfst sich in den meisten Fällen nur behaupten, dafs im Allgemeinen die Streichungslinien übereinstimmen und dafs das Einfallen, so weit es sichtbar ist, nicht wesentlich abweiche.

3. An die Lagerform schliefst sich in einem Falle das

*) Diefs ist so characteristisch den Gängen, dafs man es stets als ein Kennzeichen eines gangförmigen Vorkommens betrachten kann. (S. 756.)

Vorkommen einer grofsen Gebirgsmasse an, welche an der Oberfläche mehrere Quadratmeilen zusammenhängend bedeckt. Diese grofse Trappmasse liegt, so weit sich beobachten läfst, überall gleichförmig auf den Schichten des Kohlengebirges und zwar auf den obersten desselben. Sie wird bedeckt von einem rothen Conglomerate, rothen Sandsteinen und Schieferthonen, welche, da sie ganz den Character des Kohlengebirges entbehren, für Rothliegendes zu halten sind. Diese grofse Trappmasse liegt also zwischen dem Kohlengebirge und dem Rothliegenden, merkwürdiger Weise gleichförmig zwischen beiden; wenigstens tritt eine Abweichung in dem Schichtenbau durchaus nicht auf eine ausgezeichnete Weise hervor. In dieser Trappmasse kommt sehr viel mehr Mandelstein vor, als in den weniger ausgedehnten Parthien. Auf der Grenze zwischen diesem Trapp und dem Rothliegenden finden sich Thonsteine sehr eigenthümlicher Art in schmalen dünnen geradflächigen Schichten, bisweilen noch mit schmalen Lagen von Mandelstein abwechselnd, ebenso Schichten von Trapp und Mandelstein-Conglomeraten, wie dieselben zwischen den Schichten des Kohlengebirges nicht bemerkt werden. Die Mächtigkeit dieser Trappmasse mufs sehr bedeutend sein; eine bestimmte Angabe läfst sich aber nicht wohl machen.

4. Massen oder Durchbrüche von Trapp lassen sich nur einige wenige aufzählen. Das Abschneiden der umgebenden Schichten des Kohlengebirges an diesen Massen ist bezeichnend für dieselben. Ihre Form ist unregelmäfsig; der ziemlich kreisförmige oder elliptische horizontale Durchschnitt, wie er an so vielen Basaltbergen deutlich auftritt, kann wohl in keinem einzigen Falle nachgewiesen werden. Diese Form entwickelt sich aus den Gängen, indem diese mit hakenförmigen Parthien in Verbindung stehen, welche den Schichten des Kohlengebirges parallel sind. An allen diesen Durchbrüchen finden sich Stellen, wo die Begrenzung des Trapps den Schichten des Kohlengebirges entspricht.

Es geht hieraus hervor, dafs dieselbe Masse des Trapps, welche die Schichten des Kohlengebirges durchbrechend, in gangförmigen oder stockförmigen Räumen heraufgedrungen ist, auch zwischen die Schichten desselben an andern Stellen eindringen konnte. Diese Durchbrüche, (wie auf der rechten

Nahe-Seite, oberhalb *Ebernburg*, der *Norheimer* Mühle gegenüber, an einem verlassenen Sandsteinbruche, an einem Gange zwischen *Obermoschel* und *Sitters*, an der rechten Thalseite am Wege, oberhalb der *Wolfsmühle* im *Moschelbachthale*, wo das Thal von *Bisterschied* einmündet) sind daher wichtig, weil sie das allgemeinste Bild von der Form dieser Trappmassen liefern und namentlich auch wohl nachweisen dürften, wie die Entstehung der Trapplager zwischen den Schichten des Kohlengebirges aufzufassen ist.

Wenn mehr und zusammenhängendere Aufschlüsse über diese Trappparthien vorhanden wären, etwa durch Küstenränder eines Meeres, wie auf den *Hebriden:* so möchten vielleicht viele derjenigen Parthien, welche gegenwärtig zu den Lagern gezählt werden, in die Zahl der Durchbrüche oder Massen fallen. Aber immer würde ihre, der Schichtung vorzugsweise folgende Form, ihre Erstreckung in den Sreichungslinien bei etwas stärker geneigten Schichten (15—30° Einfallen) zeigen, dafs die Verbreitung der Masse zwischen den Schichten leichter war, als in irgend einer anderen Richtung.

In dieser trefflichen Darstellung können wir nichts finden, welches unsern Schlüssen in Beziehung auf Veränderung oder Nichtveränderung des Nebengesteins, auf Parallelismus zwischen den Trappparthien und den Schichten des Kohlengebirges u. s. w. widerspräche. Aber wie viel bleibt noch zu forschen übrig, um das Genetische in der Lagerung jener grofsen Trappmasse zwischen dem Kohlengebirge und dem Rothliegenden, und jener Thonsteine zu begreifen? — Wie sehr viel Gelegenheit ist der chemischen Analyse gegeben, helfend mitzuwirken, um vielleicht zersetzte Lagen von ursprünglichen Gebilden zu unterscheiden? —

Die im Vorhergehenden dargelegten Beweise für die plutonische Bildung der Basalte, oder augitischer Labradorgesteine überhaupt haben wir dem Studium der Verhältnisse entnommen, unter denen diese Gesteine vorkommen: es sind geognostische Beweise. Diesen fügen wir aus andern Erfahrungs-Gebieten entlehnte Beweise bei.

In den meisten Meteormassen kommt Olivin vor; das dunkle Mineral in ihnen deutet mehr auf Augit als auf Horn-

blende. Rammelsberg *) berechnete, dafs die meisten Meteorsteine als Gemenge von Olivin, Augit und Labrador betrachtet werden können. Da die Meteormassen glühend auf die Erde gelangen: so kann man wohl nur an eine Bildung auf feuerflüssigem Wege denken. Daher ist es nicht ohne Bedeutung, in ihnen die Gemengtheile des Basalts zu finden.

Mitscherlich zeigte, dafs beim Kupferschmelzen in *Fahlun* Schlacken erzeugt werden, die Bisilicate sind und die Krystallform der Augite im Basalt oder in der Lava haben. Berthier und Mitscherlich schmolzen im Porcellanofen Gemenge aus Kieselsäure, Kalkerde und Magnesia in den, zur Bildung von Bisilicaten nöthigen Verhältnissen, und erhielten, nach langsamer Abkühlung, eine nach den Spaltungsflächen des Augits theilbare Masse und in einer Höhlung derselben die zierlichsten Augitkrystalle **).

Rammelsberg ***) lieferte schätzenswerthe Analysen verschiedener krystallinischer Schlacken vom Eisenhohofen von *Mägdesprung*, denen er die Analysen solcher Schlacken von andern Chemikern beifügte. Jene bilden ein grünlichbraunes oder kolophoniumfarbiges, vollkommenes Glas, worin fast immer einzelne olivengrüne, undurchsichtige Krystalle auftreten, ja manchmal so überwiegend, dafs die glasige Grundmasse nur hier und da noch zwischen den krystallinischen Parthien erscheint. Allein ihre Krystallformen scheinen nicht die des Augits zu sein. Eine genaue krystallographische Bestimmung ist übrigens nicht möglich, da selbst die deutlichsten Prismen nur immer theilweise aus der Masse heraustreten, und die Rundung ihrer Flächen und Kanten durch einen glasigen Ueberzug Messungen nicht erlaubt †). Dieser Chemiker findet zwar unter der Voraussetzung, dafs die Thonerde ein, die Kieselsäure ersetzender Bestandtheil sei, im All-

*) Zweites Suppl. zum Handwörterbuch. S. 91.

**) Annal. de Chim. et de Phys. T. XXIV. S. 376. Vergl. v. Leonhard's Basaltgebilde. Abth. II. S. 493.

***) Poggend. Annal. Bd. LXXIII. S. 95.

†) Davon habe ich mich selbst überzeugt, als Rammelsberg die Güte hatte, mir diese krystallisirten Schlacken zu zeigen.

gemeinen die Mischung der Augite. Abstrahirt man aber von dieser Voraussetzung und berechnet man den Sauerstoffquotienten, wie wir ihn für die thonerdehaltigen Augite = 0,667 gefunden haben (S. 527), so zeigen sich davon bedeutende Abweichungen, von 0,669 bis zu 0,895.

Schliefslich ist der schon oben (S. 684) erwähnte Versuch, das Schmelzen von Basalt unter einem sehr hohen Drucke anzuführen. Jener umgeschmolzene Basalt *) war nämlich durchaus steinig und unterschied sich von dem dazu verwendeten nur in seiner etwas porösen Beschaffenheit, die sich an manchen Stellen mehr, an andern weniger, an manchen fast gar nicht zeigte. Seine Farbe war nur etwas lichter geworden. Man sieht, dafs wenn nur ein hoher Druck wirkt, selbst bei ziemlich schneller Erstarrung, die bei jenem Versuche statt hatte, ein ziemlich dichter Basalt entstehen kann. Vergleicht man nämlich die Beschaffenheit dieses umgeschmolzenen Basalts mit der, in der Basaltkugel von 2 Fufs Durchmesser (S. 734), welche viel langsamer, aber unter einem bei weitem geringeren Drucke erstarrte, und worin noch eine grofse Masse einer glasigen Aggregatform vorhanden war: so ist nicht zu zweifeln, dafs die durchaus steinige Beschaffenheit in dem, durch einen Eisenumgufs geschmolzenen Basalt von dem hohen Drucke herrührte. Einen dichten Basalt in wenig mächtigen Basaltgängen zu finden, wo die Erstarrung gleichfalls schnell von Statten ging, aber ein hoher hydrostatischer Druck wirkte, kann daher nicht befremden. Ist überdiefs Olivin und zum Theil auch Magneteisen präexistirend im Basalt (S. 684), so ist auch die Schwierigkeit, solche in gröfseren Parthien ausgeschiedene Gemengtheile als Erzeugnisse während der Erstarrung zu betrachten, beseitigt.

Unsere Bemühungen, die Bildung augitischer Labradorgesteine auf feuerflüssigem Wege mit chemischen und physikalischen Gesetzen in Uebereinstimmung zu bringen, fanden in der herrschenden Theorie, welche alles aufsuchte, was für

*) Meine Wärmelehre. S. 452.

eine solche Bildung sprechen kann, eine grofse Unterstützung. Eine solche Unterstützung mangelt aber gänzlich, wenn wir die Frage beantworten wollen, ob denn die Bildung dieser Gesteine auf nassem Wege ganz unmöglich ist. Gleichwohl dürfen wir uns nicht abschrecken lassen, diese Beantwortung zu versuchen.

Was kommt von unsern Basalten und anderen augitischen Labradorgesteinen in das Meer? — Gewifs nur der geringste Theil als unveränderter Basaltstaub; dagegen der bei weitem gröfste in völlig zersetztem Zustande. Das Kalksilicat des Augits und Labradors ist in Kalkcarbonat, das Eisenoxydulsilicat in Eisenoxydhydrat umgewandelt worden und höchstens hat sich das Magnesiasilicat als solches erhalten. Wie sollen aber aus diesen Zersetzungsproducten wieder die Silicate, welche den Augit und Labrador zusammensetzen, reproducirt werden? —

Es kann keine Zersetzung eines Fossils stattfinden, wobei die Kalkerde eine andere Basis aus ihren Verbindungen mit Kieselsäure verdrängte; denn diese Erde existirt nirgends unverbunden mit Säuren. Umgekehrt ist es aber ein allgemeines Gesetz, dafs Fossilien, welche Kalksilicat enthalten, bei ihrer Zersetzung die Kalkerde nach und nach verlieren, sei es, dafs diese Erde durch eine andere Basis, wie Magnesia, verdrängt, oder dafs sie von der Kohlensäure ergriffen wird. Auf welche Weise aber auch die Kalkerde sich ausscheidet, bei weitem in den meisten Fällen tritt sie als Carbonat aus der Mischung. Nur in Drusen- und Gangräumen, wo der Zutritt kohlensäurehaltiger Gewässer ganz ausgeschlossen oder sehr beschränkt ist, finden wir in den Zeolithen Kalksilicate, wohl nicht als neue Bildungen, sondern als Absätze aus kohlensäurefreien Gewässern. Mit anderen Säuren, namentlich mit Schwefelsäure verbunden, scheidet sich die Kalkerde aus, wenn ihr Silicat den Entwickelungen von Schwefelwasserstoffgas ausgesetzt ist (S. 165.).

Kalksilicate kommen demnach gewifs nur in sehr geringer Menge in's Meer, und defshalb können auch die sedimentären Bildungen in demselben nur sehr wenig davon enthalten. Diefs zeigen auch Frick's mehr erwähnte Analysen

dreier Thonschiefer *), die überhaupt nur 0,33 bis 0,78 Proc. Kalkerde enthalten, welche als Silicate vorhanden sind. Entweder enthielt das Gestein, durch dessen Zerstörung der Thonschiefer entstanden ist, nur wenig Kalksilicat-haltige Fossilien, oder die Kalksilicate sind bis auf ein Minimum in Kalkcarbonate umgewandelt worden, und gelöst im Meerwasser zurückgeblieben. Nur der letztere Fall ist denkbar; denn für die Bildung des Grauwackenkalksteins mufste Material vorhanden gewesen sein. Aber eben defshalb weil die Ursachen, welche ihn hervorbrachten, während der Bildung der Grauwacke selbst nicht wirksam waren: so mufs die Kalkerde als Carbonat gelöst im damaligen Meere zurückgeblieben sein. Der Umstand, dafs sich die kohlensaure Kalkerde, welche den Grauwackenkalkstein bildete, nicht mit der Grauwacke selbst abgesetzt hat, ist daher von Wichtigkeit; denn er findet nur darin seine Erklärung, dafs die Kalkerde als Carbonat in's Meer geführt, und dafs dieses Carbonat nur durch eine organische Thätigkeit daraus abgesetzt worden sein kann (Bd. I. S. 951). In dem Falle nämlich, dafs die Kalkerde der Gebirgsarten, durch deren Zerstörung das Material für die Grauwackenformation geliefert wurde, als Silicat in das Meer gekommen wäre, würde sich dieses, wenigstens grofsen Theils, mit den anderen Gemengtheilen der Grauwacke niedergeschlagen haben, da selbst das künstliche Kalksilicat 5 bis 19 Mal so viel Wasser zur Lösung fordert, als die kohlensaure Kalkerde (Bd. I. S. 378 und 788.).

Mit dem Schieferthon scheint es sich ebenso zu verhalten, wie mit dem Thonschiefer. Nach einer Analyse eines Schieferthons aus dem Liegenden eines Steinkohlenflötzes in *England* von *Frankland* **), enthält derselbe nur 0,09 Proc. Kalkerde. Der von Kersten ***) analysirte, sogenannte Fruchtschiefer enthält gar keine Kalkerde. Wir werden also gleichfalls zu der Ansicht geführt, dafs, unter der Voraussetzung, das Gestein, von dem das Material zur Bildung dieser Schiefer geliefert worden, habe Kalksilicate-haltige Fossilien ein-

*) Poggend. Annal. Bd. XXXV. S. 196.

**) Memoirs of the Geol. Survey of Great Britain Vol. I. p. 479.

***) Journ. f. pract. Chemie Bd. XXXI. S. 108.

geschlossen, diese Kalksilicate sich in Kalkcarbonate umgewandelt haben, und dafs letztere im Meerwasser gelöst zurückgeblieben sein müssen; denn die Bildung des Kohlenkalksteins forderte ebenfalls kohlensaure Kalkerde. Von diesem Kohlenkalkstein ist mit um so gröfserer Wahrscheinlichkeit zu vermuthen, dafs er durch organische Thätigkeit aus dem Meerwasser abgeschieden worden sei, da, abgesehen von der grofsen Menge von Versteinerungen, welche sich, besonders an manchen Stellen darin finden, es Ehrenberg glückte, in einem Hornsteine aus einem Kohlenkalkstein einen Spirifer Mosquensis zu finden *).

Sollten diejenigen Geologen, welche die kohlensaure Kalkerde als eruptive Masse aus dem Innern der Erde hervorgehen lassen, unsere Ansicht, dafs aller kohlensaurer Kalk von der Zersetzung der Kalksilicate in den Gebirgsgesteinen hervorgegangen sei, für zu weit gehend halten: so fragen wir, ob sie annehmen wollen, dafs die Gesteine, welche das Material zur Bildung jener Schiefer geliefert haben, fast ganz frei von Kalksilicaten gewesen seien? Bejahen sie diese Frage, beziehen sie sich vielleicht auf granitische Gesteine, welche aus den, an Kalksilicaten ärmsten Fossilien bestehen: so machen wir sie aufmerksam auf den bedeutenden Eisenoxydgehalt im Thonschiefer (7,4—9 Proc.). Dieser Eisengehalt setzt in jenen zersetzten Gesteinen sehr eisenhaltige Fossilien voraus, die sich in granitischen nicht, wohl aber in augitischen Gesteinen finden. Das relative Verhältnifs zwischen Eisenoxydul und Kalkerde schwankt zwar sehr in den augitischen Labradorgesteinen; stets hätten aber diese Gesteine Sedimente liefern müssen, in denen neben Eisenoxydul bedeutende, bald mehr, bald weniger, als dieses betragende Quantitäten Kalkerde vorhanden gewesen wären, während in jenen Schiefern diese Erde ein unbedeutender Bruchtheil vom Eisengehalte ist. Wir übersehen indefs nicht, dafs aus augitischen Labradorgesteinen ebenso wenig, wie aus granitischen, wenn wir aus jenen auch alle Kalkerde extrahirt uns denken, Sedimente für die Bildung jener Schiefer hätten entstehen können; wohl aber, wenn

*) Mein verehrter Freund hatte die Güte, mir diesen Spirifer unter dem Mikroskope zu zeigen.

beide zusammen das Material zu diesen Bildungen geliefert hätten.

In den Gesteinen, denen der Thonschiefer und Schieferthon ihre Entstehung verdanken, eisenhaltige Fossilien annehmen zu wollen, welche eine ganz andere Zusammensetzung hatten, als die jetzt existirenden, dazu ist kein Grund vorhanden; denn schwerlich wird die Natur die Kunst, die sie einstens besafs, Fossilien zu machen, später verlernt haben. Die Annahme glimmerreicher Gesteine, deren Glimmer zu den eisenreichsten gehörte, befriedigt auch nicht; denn diese Glimmerarten enthalten meist neben Eisenoxyd beträchtliche Mengen Magnesia, oft mehr als Eisenoxyd; in jenen drei Thonschiefern beträgt aber diese Erde nur 2—4,4 Proc.

Verneinen jene Geologen unsere Frage, nehmen sie also an, dafs die Gesteine, aus denen sich die mächtigen sedimentären Formationen, die Grauwacke und der Schieferthon, gebildet haben, Kalksilicat-haltige Fossilien enthalten haben: so fragen wir sie, wohin sind diese Kalksilicate gekommen? Darauf können sie wohl nichts anderes erwiedern, als dafs sie sich in Kalkcarbonate umgewandelt haben, und da in der Grauwacken- und in der Kohlengruppe Kalksteinlager vorkommen: so liegt gewifs nichts näher, als die Vermuthung, dafs diese es sind, zu deren Bildung jene Kalksilicate das Material geliefert haben.

Wir haben gezeigt (S. 399.), dafs ein Thonschiefer, wie der von *Goslar*, einen an Kaliglimmer sehr reichen Gneifs liefern könne, wenn er 4,22 Proc. Kali aufnähme, und dafs von chemischer Seite nicht die geringste Schwierigkeit einer solchen Umwandlung entgegen tritt. Ein augitisches Labradorgestein, wie Basalt, könnte aber aus einem solchen Thonschiefer nur dann entstehen, wenn die nöthigen Quantitäten Kalk-, Eisenoxydul-, Magnesia- und Natronsilicat zugeführt würden. Wenn auch die Zuführung dieser Silicate durch Gewässer gewifs statt hat: so ist doch schwierig zu begreifen, wie die beiden ersteren sich daraus absetzen können, ohne einer Zersetzung in Kalkcarbonat und Eisenoxydhydrat zu unterliegen, da bei Bildung grofser Gebirgsmassen weder die atmosphärische Kohlensäure noch der Sauerstoff gänzlich ausgeschlossen sind. Eine Umwandlung eines sedimentären

Gesteins in Basalt auf nassem Wege kann daher nicht stattfinden. Noch weniger kann aber eine solche Metamorphose auf plutonischem Wege gedacht werden, da auf diesem Wege ein Zuführen jener Silicate nicht möglich ist. Nur dann würde die Bildung augitischer Labradorgesteine durch eine solche Metamorphose begreiflich sein, wenn Thonschiefer, Schieferthon oder irgend eine andere ähnliche Schieferart, Kalkstein und Natron in den Heerd der Vulkane käme, und dort, wie die Fritte in einem Glashafen verarbeitet würde. Ist die Lava nicht eine ursprüngliche, im Innern unserer Erde vorräthige Masse: so läfst sich ihre Bildung auf diese Weise noch in der Jetztzeit begreifen; denn bis zu den Tiefen der vulkanischen Werkstätte kann ein mehrfacher Wechsel von Schiefer und Kalkstein gedacht werden. Hierbei würde indefs noch immer die Schwierigkeit entgegen treten, woher das Natron, welches in den Laven meist gegen das Kali vorherrscht, stammt; denn die bis jetzt analysirten Schiefer enthalten entweder gar kein Natron oder doch nur sehr geringe Mengen.

Nach diesen Betrachtungen scheint es, dafs die Kalkerde, welche einmal aus ihrer Verbindung mit Kieselsäure durch Kohlensäure geschieden worden ist, nimmermehr auf nassem Wege wieder zu einem Silicate werden könne. Wir können uns wenigstens keinen Prozefs in gewöhnlicher Temperatur und auf nassem Wege denken, wo die Kohlensäure aus der kohlensauren Kalkerde durch Kieselsäure, sei es durch einfache oder doppelte Wahlanziehung, verdrängt, und mithin wiederum Kalksilicat reproducirt werden könnte, während in der Glühehitze diese Zersetzung so leicht zu bewirken ist. Nur dann kann unter diesen Umständen eine Bildung von Kalksilicat stattfinden, wenn Kalksalze, wie Gyps und Chlorcalcium, mit kieselsauren Alkalien zusammentreffen; denn diese und noch andere Kalksalze tauschen ihre Säuren mit der Kieselsäure in den alkalischen Silicaten aus (Bd. I. S. 544.).

Gyps und Chlorcalcium kommen in Quellen vor, und letzteres Salz ziemlich häufig (Bd. I. S. 551—562.), Gyps ist auch ein Bestandtheil des Meerwassers. Alkalische Silicate müssen neben alkalischen Carbonaten Bestandtheile der Quellen sein, da sie Zersetzungsproducte des Feldspaths sind (Bd. I. S. 816.). Wir begreifen also, wie sich aus Gyps und einem

alkalischen Silicate kieselsaure Kalkerde und schwefelsaures Kali oder schwefelsaures Natron bilden können, wovon die beiden letzteren, als leichtlöslich, von den Gewässern fortgeführt werden, während erstere, als schwerlöslich, entweder zur Bildung eines einfachen Kalksilicats oder zusammengesetzter Silicate verwendet werden können, und wie aus Chlorcalcium und einem alkalischen Silicat gleichfalls kieselsaure Kalkerde und das leichtlösliche Chlorkalium oder Chlornatrium entstehen können. Da jene schwefelsauren Alkalien, besonders das schwefelsaure Natron, und diese beiden Chlorüre, besonders das Kochsalz, zu den sehr häufigen Bestandtheilen der Quellen gehören: so könnten sie zum Theil solche Zersetzungsproducte sein.

Diese Zersetzungsprocesse gewinnen um so mehr an Wahrscheinlichkeit, je weniger wir kieselsaure Alkalien, und je mehr wir schwefelsaures Kali und besonders schwefelsaures Natron, so wie alkalische Chlorüre in Gewässern finden; denn wenn wir einen Zersetzungsprocefs, wie den des Feldspaths vor Augen haben, der ungeheure Quantitäten kieselsaures Kali liefern mufste, und dieses Silicat gleichwohl nicht einmal mit Bestimmtheit durch die chemische Analyse in Gewässern dargethan werden kann: so mufs uns ein Procefs, welcher eine Zersetzung dieses Silicats in ein Sulphat oder Chlorür nachweiset, sehr willkommen sein. Von einer chemischen Geologie ist man berechtigt die Nachweisung zu erwarten, wohin jeder aus Fossilien ausgeschiedene Stoff gekommen ist, und nur dann, wenn sie diefs vermag, kann sie Anspruch auf eine wissenschaftliche Gestaltung machen. Diefs hat man aber bis jetzt ganz übersehen.

Was von der Bildung der Kalksilicate gilt, hat auch auf die Bildung der Magnesiasilicate Bezug. Schwefelsaure Magnesia und Chlormagnesium, welche in Quellen vorkommen und zwar letzteres gar nicht selten, deren Menge im Meere ungefähr 1 Proc. beträgt, werden durch alkalische Silicate gleichfalls zersetzt, wobei Magnesiasilicat und schwefelsaure Alkalien oder alkalische Chlorüre gebildet werden.

Unter den genannten Salzen, welche durch doppelte Zerlegung Kalk- und Magnesiasilicate geben, sind es nur Gyps, Bittersalz und die alkalischen Silicate, die im festen Zu-

stande vorkommen, Chlorcalcium und Chlormagnesium sind blofs Auslaugeproducte. Die sich gegenseitig zersetzenden Salze können sich daher theils im gelösten Zustande (wenn etwa ein Wasser, welches Gyps und ein anderes, welches ein alkalisches Silicat enthält, zusammenfliefsen) theils im festen und gelösten Zustande begegnen, und so die Bildung jener erdigen Silicate veranlassen. Sehr bemerkenswerth ist, dafs auf *sächsischen* so wie auf *skandinavischen* Erzlagerstätten, wo wir den Diopsid, Malakolith u. s. w. finden, Gyps gar keine seltene Erscheinung ist.

Finden sich Kalk- und Magnesiasilicate in merklicher Menge in Quellen: so ist zu vermuthen, dafs sie durch solche gegenseitige Zersetzungen entstanden sind; denn in Statu nascenti sind sie viel leichter löslich, als im schon gebildeten Zustande. Die im Mineralreiche als einfache Silicate (Wollastonit, Speckstein u. s. w.) oder als zusammengesetzte Silicate vorkommenden Verbindungen werden nämlch in so geringer Menge vom Wasser gelöst, dafs die chemische Analyse sie kaum nachzuweisen im Stande ist. Dazu kommt, dafs nach meinen Untersuchungen (Bd. I. S. 510 und 769) Tagewasser, welche auch nur die geringe Menge Kohlensäure enthalten, die sie aus der Atmosphäre aufgenommen haben, schwerlich Kalk- und Magnesiasilicat ohne Zersetzung auflösen werden.

In merklicher Menge hat man aber Kalk- und Magnesiasilicate wirklich in süfsen Quellen gefunden (Bd. I. S. 346 und 510). Kersten *) fand sie auch in dem Kohlensäure-reichen *Kreuz-* und *Ferdinandsbrunnen* zu *Marienbad*; denn sowohl beim Verdunsten in gewöhnlicher, als auch in erhöhter Temperatur schlagen sich, nachdem die in freier Kohlensäure aufgelösten Carbonate niedergefallen sind, Magnesia- und Kalksilicate nieder, welche mit Säuren gelatiniren **). Diefs widerspricht zwar meinen Versuchen, woraus ich schlofs,

*) n. Jahrb. für Mineral. u. s. w. 1845. S. 659.

**) Die Vermuthung Bd. I. S. 510, dafs die Kieselsäure vorzugsweise an Magnesia und der Kalk vorzugsweise an Kohlensäure gebunden sein möge, findet durch Kersten's Versuche ihre Bestätigung; denn er fand in den Absätzen mehr Magnesiasilicate, als Kalksilicate.

dafs in Mineralquellen, welche reich an Kohlensäure sind, die Existenz von Kalk- und Magnesiasilicaten nicht angenommen werden kann. Die Gegenwart anderer Salze, deren Menge gedachte Silicate um ein sehr Vielfaches übersteigt, wie diefs in den genannten, an Salzen so reichen Mineralquellen der Fall ist, könnte indefs bewirken, dafs neben Kohlensäure solche Silicate bestehen, welche in reinen concentrirten Lösungen durch diese Säure zersetzt werden; denn wir dürfen nicht vergessen, dafs es uns gänzlich unbekannt ist, wie die Säuren und Salzbasen, welche wir bei unsern Analysen aus einem Mineralwasser ausscheiden, in der gemeinschaftlichen Lösung mit einander verbunden sind.

Wir haben Processe kennen gelernt, wodurch jetzt noch im Mineralreiche Kalk- und Magnesiasilicate entstehen können, und wir haben die Gegenwart dieser Silicate in Quellen nachgewiesen. Es fehlt uns also nur noch die Bildung von Eisenoxydulsilicaten, um die Möglichkeit zu begreifen, wie ein Kalk-Talk-Eisenoxydul-Augit auf nassem Wege entstehen kann.

Unorganische Substanzen vermögen, so weit unsere Kenntnisse reichen, Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat auf nassem Wege nicht zu Eisenoxydul zu reduciren. Faulende organische Substanzen können aber diese Reduction bewirken (Bd. I. S. 942). Das Eisenoxydul in den zusammengesetzten Silicaten, welches bei ihrer Zersetzung zu Eisenoxydhydrat wird, kann also auf diese Weise wieder zu Oxydul werden. Die Kohlensäure, welche bei dieser Reduction frei wird, reicht nicht hin, das reducirte Eisenoxydul vollständig in Carbonat umzuwandeln (Bd. I. S. 945). Wenn aber gleichzeitig Fäulnifsprocesse auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffs von Statten gehen: so ist denkbar, dafs die dadurch gebildete Kohlensäure alles Eisenoxydul in Carbonat umwandelt. Einen solchen Procefs möchte man bei der Bildung der Sphärosiderit-Nieren im *Lebacher* Steinkohlenlager annehmen, da dieselben Koprolithen enthalten *).

Es handelt sich darum, die Möglichkeit zu zeigen, wie

*) v. Dechen in den Verhandl. d. Niederrhein. Gesellschaft. Bonn 1847. 11. Nov.

das kohlensaure Eisenoxydul in kieselsaures umgewandelt werden kann. Es genügt, wenn wir nur einen solchen Umwandlungsprocefs auffinden; später gelingt es vielleicht, mehreren auf die Spur zu kommen.

Da kohlensaures Kali und kohlensaure Magnesia kieselsaure Kalkerde zersetzen (S. 420 u. 489), so war zu vermuthen, dafs auch kohlensaures Eisenoxydul letztere zersetzen würde. Um diese Vermuthung durch das Experiment zu bestätigen, wurde Eisenfeile mit reinem Wasser übergossen und einige Stunden lang Kohlensäuregas bei Ausschlufs der atmosphärischen Luft durchgeleitet. Zu der abgeklärten Flüssigkeit wurde in einer Glasflasche eine Lösung von künstlich bereiteter kieselsaurer Kalkerde gesetzt, und die Flasche verschlossen. Erst am dritten Tage hatten sich ochergelbe Flocken zu Boden gesetzt. Der Niederschlag wurde auf dem Filtrum gesammelt, etwas ausgewaschen, in verdünnter Salzsäure aufgelöst und mit Ammoniak das Eisenoxyd gefällt. Nachdem die Flüssigkeit mit dem Niederschlage zur Trockne abgedampft und der Salmiak verflüchtigt worden, blieb ein theils weifser theils ochergelber Rückstand. Erhitzte Salzsäure löste das ochergelbe Pulver auf und liefs ein weifses, welches Kieselsäure war, zurück. Jener Niederschlag war also nicht, wie man hätte vermuthen können, blofs Eisenoxydhydrat, durch Zersetzung des kohlensauren Eisenoxyduls mittelst des atmosphärischen Sauerstoffs im Wasser entstanden; sondern er war kieselsaures Eisenoxyd. Die von jenem Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit zur Trockne abgedampft, hinterliefs ein ochergelbes Pulver: zum Beweise, dafs noch überschüssiges kohlensaures Eisenoxydul in der Lösung war. Dieses Pulver brauste mit Salzsäure; es enthielt daher kohlensaure Kalkerde; denn das Eisenoxydul mufste beim Abdampfen und bei seiner Umwandlung in Eisenoxyd seine Kohlensäure verloren haben.

Eisenoxydulbicarbonat ist ein ganz gewöhnlicher Bestandtheil der Quellen. Es dürfte kaum ein Brunnenwasser geben, welches nicht wenigstens Spuren davon enthielte; diefs zeigen die Absätze in unsern Wasserflaschen, die fortwährend im Gebrauche sind. Da auch Kalksilicat in diesen Gewässern vorkommt: so kann, nach dem Resultate jenes Versuchs, dieses Silicat jenes Carbonat zersetzen und kieselsau-

res Eisenoxydul und kohlensaure Kalkerde entstehen, wenn durch Verdunstung des Wassers eine Ausscheidung der Bestandtheile erfolgt.

Die Existenz wasserhaltiger Eisenoxydulsilicate (Bd. I. S. 802 ff. u. Bd. II. S. 567) zeigt ihre Bildung auf nassem Wege, und die Gegenwart von Eisenoxydulsilicat in Quellen läfst sich nachweisen. Oft habe ich Eisenocher in Salzsäure aufgelöst, und stets blieb ein Rückstand von Kieselsäure, der erst nach langem Kochen mit Salzsäure weifs wurde. Wäre die Kieselsäure nur gemengt mit Eisenoxydhydrat, so würde dieses bald von der Salzsäure ausgezogen werden. Kersten fand in den Ocherabsätzen der oben erwähnten Mineralquellen *Marienbad's* theils freies, theils kieselsaures Eisenoxyd. Rammelsberg *) analysirte Ocher, welchen eine Quelle absetzt, die zwischen *Alexisbad* und *Mägdesprung* aus dem Uebergangsgebirge und zwar aus einem alten Stollen fliefst, der einen, Eisenspath, Quarz, Kalkspath u. s. w. führenden Gang durchsetzt. Der Ocher bildete mit Säuren eine Gallerte und enthielt mithin ein Eisenoxydsilicat. Dabei entwickelte sich etwas Kohlensäure, welche an Eisenoxydul gebunden war. In 100 Theilen dieses Ochers waren enthalten:

Quarzsand	6,71
Lösliche Kieselsäure . .	6,91
Eisenoxyd	53,88
Eisenoxydul	1,68
Manganoxyd	6,95
u. s. w.	

Das Vorkommen des Eisenspaths in jenem Gange macht es wenigstens nicht unwahrscheinlich, dafs das Eisenoxydulsilicat aus diesem Eisenoxydulcarbonat entstanden sei; denn dafs das Oxydul erst nach seinem Absatze in Oxyd übergegangen ist, leidet keinen Zweifel. Schwerlich wird in jener Quelle alles Eisen als Silicat, sondern der gröfsere Theil als Carbonat enthalten sein. Darauf deutet die grofse Menge Eisenoxyd im Verhältnisse zur Kieselsäure. Das Manganoxyd ist

*) Poggend. Annal. Bd. LXXII. S. 574.

gewifs gleichfalls theils als Silicat theils als Carbonat vorhanden.

Kommen Kalk-Magnesia-Eisenoxydul- und Manganoxydul-Silicate gemeinschaftlich in Quellen vor: so ist die chemische Möglichkeit gegeben, dafs solche Gewässer Augit bilden können. Da auch die Thonerde in Quellen nicht fehlt und gewifs ebenfalls als Silicat darin vorkommt: so ist es eben so möglich, dafs sogar ein thonerdehaltiger Augit auf diese Weise gebildet werden kann. Aber das können wir leicht einsehen, dafs besondere Bedingungen statt finden müssen, wenn solche Bildungen erfolgen sollen.

Kalk- und Magnesiasilicate können sich aus Gewässern nur in einem Raume abscheiden, in welchem kein Kohlensäuregas vorhanden ist; denn aufserdem werden sie, und insbesondere das Kalksilicat, in Kalkcarbonat zersetzt. Dafs sich unter jener Bedingung Kalksilicat wirklich aus Gewässern absetzt, zeigen die Zeolithe (S. 745), in denen, mit Ausnahme des Analcims und des Natroliths, Kalksilicat stets ein Bestandtheil ist. Eisenoxydul- und Manganoxydulsilicat können sich hingegen nur dann abscheiden, wenn kein Sauerstoffgas gegenwärtig ist; denn aufserdem werden diese Oxydule zu Oxyde.

Jene Bedingung kann am leichtesten in Räumen statt finden, die von Gesteinen umgeben sind, welche kohlensauren Kalk enthalten; denn in solche Räume können wenigstens keine Gewässer mit freier Kohlensäure gelangen, weil diese eine entsprechende Menge Kalkcarbonat in Bicarbonat umwandelt, und dieses sich im Wasser auflöst (Bd. I. S. 787 und Bd. II. S. 405). Wo können aber für solche Bildungen die Verhältnisse günstiger sein, als im körnigen Kalke? — Kann es daher befremden, in diesem, in einem Carbonat, nicht blofs den Diopsid, Malakolith, Kokkolith und gemeinen Augit, sondern auch so mancherlei, Kalk-Magnesia-Eisenoxydul- und Manganoxydul-Silicate haltende Fossilien, wie Wollastonit, Wernerit, Granat, Vesuvian, Hornblende u. s. w. zu finden? —

Im körnigen Kalke ist zwar der Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffs nicht mehr ausgeschlossen, als in Höhlungen und Drusenräumen anderer Gesteine; die Bedingungen zur Bildung von Eisenoxydul- und Manganoxydulsilicaten sind daher in ihm nicht günstiger als in diesen. Weil aber in ihm Kalk-

und Magnesiasilicate ohne alle Schwierigkeit bestehen können: so ist wohl zu begreifen, wie sich mit diesen gleichzeitig ein Eisenoxydul- und Manganoxydulsilicat ausscheiden kann, wenn in dieser Verbindung Fossilien sich bilden können. Oder wenn gleichzeitig Eisenoxydulcarbonat in den Gewässern vorhanden ist: so kann nach obigem Versuche aus diesem und aus Kalksilicat das Eisenoxydulsilicat entstehen. Dazu kommt, dafs Eisenoxydsilicate so häufig die Eisenoxydulsilicate in Fossilien begleiten; denn diefs berechtigt zur Vermuthung, dafs bei der Ausscheidung des Eisenoxydulsilicats der atmosphärische Sauerstoff die theilweise höhere Oxydation des Oxyduls bewirkte. Uebrigens zeigt das Vorkommen des Eisenspaths, eines entschieden neptunisch gebildeten Fossils, die Möglichkeit einer Bildung von Eisenoxydulverbindungen; denn was defshalb vom Eisenoxydulcarbonat gilt, hat auch Bezug auf das Eisenoxydulsilicat.

Warum sollten sich nicht Augit, Hornblende, Granat u. s. w., Fossilien, welche in bestimmten Formen krystallisiren, bilden können, wenn ihre Bestandtheile in Gewässern enthalten sind, und wenn die Umstände, welche ihrer Ausscheidung ohne Zersetzung entgegen treten, durch die Umgebungen beseitigt sind? — Ist es denn ein anderer Vorgang, als der Absatz von Alaunkrystallen aus einer Auflösung, welche schwefelsaure Thonerde und schwefelsaures Kali enthält? — Die aufserordentlich geringen Mengen der in Gewässern enthaltenen Silicate wird man nicht als einen Einwurf gegen solche Bildungen vorbringen; denn je weniger davon im Wasser aufgelöst ist, desto langsamer scheidet es sich aus und desto leichter kommt es zur Krystallisation. Die grofsen Amethyste und Bergkrystalle in Drusenräumen und in den sogenannten Krystallhöhlen, welche ohne alle Widerrede Infiltrationsproducte sind, bilden sich aus Gewässern, welche nicht einmal so viel Kieselsäure als Silicate enthalten. Sollte aber eine krystallinische Abscheidung der Kieselsäure aus ihren Silicaten leichter zu begreifen sein, als eine krystallinische Abscheidung mehrerer Silicate zu einem Ganzen? — Uebrigens haben wir schon bei verschiedenen Gelegenheiten bemerkt, wie bei den Processen im Mineralreiche gleichsam ein Mifsverhältnifs zwischen der Gröfse einer Wirkung und ihrer

Ursache keine Veranlassung geben kann, an einem solchen Causalnexus zu zweiflen; denn die Zeit ist es, welche ein solches Mifsverhältnifs ausgleicht.

Wenn die genannten Fossilien, welche im körnigen Kalke vorkommen, Bildungen auf nassem Wege sind, warum, möchte man vielleicht entgegnen, entstehen sie nicht eben so gut in sedimentären Kalkstein-Formationen? — Nur für einen Augenblick könnte eine solche Einwendung Gewicht haben. Erinnern wir uns, dafs die sedimentären Kalksteine nur als Werke einer organischen Thätigkeit gedacht werden können (Bd. I. S. 951 ff.), dafs sie eben so entstanden sind, wie die Muscheln der Austern: so ist nicht zu verkennen, dafs eine solche Bildung wesentlich verschieden von der des körnigen Kalksteins ist. Aus dem Meerwasser, aus einer Flüssigkeit, welche eine grofse Anzahl von Salzen enthält, scheiden die Muschelthiere nur das ab, was sie zur Bildung ihrer Schalen und Panzer gebrauchen; daher die grofse Reinheit mancher sedimentärer Kalksteine. Die Gewässer hingegen, aus welchen sich körniger Kalk absetzte, enthielten, da derselbe ein Zersetzungsproduct Kalksilicat haltender Fossilien ist, neben der kohlensauren Kalkerde verschiedene Silicate, als gleichzeitige Zersetzungsproducte, und diese sind es, aus welchen sich die Fossilien bildeten, welche sich im körnigen Kalke finden.

Wir lassen es dahin gestellt, ob diese Fossilien gleichzeitige Bildungen mit dem körnigen Kalke, oder ob sie Ausscheidungen aus demselben, veranlafst durch eindringende Gewässer, oder ob sie Infiltrationsproducte, welche die Gewässer von aufsen hergeführt haben, sind. Die eine dieser Bildungsarten kann eben so gut, wie die andere, gedacht werden. Consequenter Weise müssen wir freilich eine Bildung der mehr genannten Fossilien auch in sedimentären Kalksteinen annehmen, wenn Gewässer, verschiedene Silicate enthaltend, in dieselben dringen. Das S. 405 erwähnte Vorkommen des Wernerits in einem geschichteten thonigen Kalksteine zeigt auch wirklich die Bildung von zusammengesetzten Silicaten in Kalklagern, und was von der Bildung des Wernerits gilt, hat auch Bezug auf die des Augits, der Hornblende u. s. w., um so mehr, da die oben (S. 601) erwähnten Afterkrystalle von Augit in Wernerilformen die Möglichkeit zeigen, dafs unter

Umständen, in denen Wernerit gebildet wird, auch Augit entstehen kann.

Finden endlich diejenigen Plutonisten, welche sich von der eruptiven oder plutonisch metamorphsichen Bildung des körnigen Kalks nicht losreifsen können, immer noch Bedenklichkeiten gegen Bildungen von Fossilien in diesem Gesteine auf nassem Wege: so verweisen wir sie auf unsere noch viel gröfseren Bedenklichkeiten (S. 407.) gegen die Bildungen jener Fossilien auf plutonischem Wege. Mögen sie jene gegen diese abwägen, und uns zeigen, dafs unsere Bedenklichkeiten ungegründet seien.

Wir begreifen nun, wie der Diopsid, Malakolith, Sahlit und Kokkolith, die, wie oben (S. 460 und 528 ff.) beschrieben, unter Umständen und in Begleitung von Fossilien vorkommen, welche die Möglichkeit einer plutonischen Bildung gänzlich ausschliefsen, durch Processe auf nassem Wege entstehen können. Wir sind sogar der Ansicht, dafs diese Augitarten, wo sie nur vorkommen, auf diesem Wege gebildet worden sind; denn entweder finden sie sich in Begleitung von Fossilien (Chlorit, Kalkspath und Erze) die nur Erzeugnisse auf nassem Wege sein können, oder in Räumen (Erzgänge, Erzlager und Drusenräume) wo die Bedingungen zu ihrer Bildung vorzugsweise statt finden, oder in Gebirgsgesteinen, welche, wie der körnige Kalk, auf nassem Wege, oder, wie der Serpentin, Glimmerschiefer und Gneifs, durch eine Metamorphose auf diesem Wege entstanden sind. Sollten diese Augitarten sich auch auf feuerflüssigem Wege bilden können: so wäre zu erwarten, sie auch in krystallinischen Gesteinen zu finden, welche diesen Ursprung haben. Unsers Wissens hat man sie aber noch nie im Basalt oder in Lava angetroffen. Das Vorkommen des Diopsids in Auswürflingen des *Vesuv's* kann nicht als ein Beweis dafür angeführt werden; denn wir haben gezeigt, dafs die Einschlüsse in diesen entweder schon vor dem Auswurfe existirt haben, oder erst nach demselben gebildet worden sind (S. 464 ff. und S. 678 ff.).

Da durch die betrachteten Processe Fossilien, welche Kalk-, Eisenoxydul- und Magnesia-Silicate enthalten, nur in beschränkten Räumen und Massen gebildet werden können: so bleibt noch immer die Frage übrig, ob nicht in mäfsigen

Tiefen unter der Erdoberfläche durch andere Processe die Bildung dieser Silicate in solchem Maafsstabe statt haben möchte, dafs grofse Gebirgsmassen einer Umwandlung erliegen.

Die Resultate der nachfolgenden Versuche dürften die Möglichkeit, ja die Wahrscheinlichkeit solcher Processe darthun.

Es wurden künstlich dargestellter kohlensaurer Kalk und Kieselsäure, aus Fluorkieselgas erhalten und sorgfältigst ausgewaschen, in einer Glasretorte mit Wasser übergossen, und eine enge, gekrümmte Glasröhre in den Hals der Retorte luftdicht befestigt. Hierauf brachte man das Wasser in der Retorte zum Sieden und, nachdem durch die Wasserdämpfe alle atmosphärische Luft ausgetrieben worden, liefs man dieselbe in Kalkwasser strömen, welches gegen den Zutritt der Luft geschützt war. Bald fing das Kalkwasser an sich zu trüben, und die Trübung nahm fortwährend zu. Da die atmosphärische Luft in der Retorte nicht durch das Kalkwasser strömte, und auch die Kohlensäure, welche das destillirte Wasser enthalten mochte, durch lange fortgesetztes Kochen ausgetrieben worden war: so konnte nur die Kohlensäure des Carbonats die Trübung verursacht haben. Als auf das trocken gewordene Gemeng neues dest. Wasser gegossen, und der Versuch auf gleiche Weise wiederholt wurde, trübte sich abermals das Kalkwasser. Die Niederschläge im Kalkwasser brausten mit Säuren, und bestanden daher aus kohlensaurer Kalkerde.

In der Siedhitze des Wassers wird daher der kohlensaure Kalk theilweise durch Kieselsäure zersetzt, und es ist zu erwarten, dafs bei lange fortgesetztem Kochen die Zersetzung vollständig erfolgen werde. Es ist ferner nicht zu bezweifeln, dafs diese Zersetzung unter höherem, als atmosphärischen Luftdrucke, mithin in einer, 80° R. übersteigenden Temperatur, in höherem Grade statt finden werde.

Da die angewendete Kieselsäure von der auflöslichen Modification war, so wurde der Versuch mit gepülvertem und geschlämmtem Quarzpulver, theils mit künstlich dargestelltem kohlensaurem Kalk, theils mit gepülvertem und geschlämmtem Marmor wiederholt. Die Resultate waren dieselben. Da sich das Kalkwasser durch die einströmenden Wasserdämpfe erhitzte, so wurde das Gefäfs in kaltes Wasser gestellt, um es möglichst kühl zu erhalten, und nicht durch eine Trübung

desselben in erhöhter Temperatur getäuscht zu werden. Nach völligem Erkalten des Kalkwassers in einem verschlossenen Gefäfse setzte sich ein Niederschlag ab, der sich durch Brausen mit Säuren als kohlensauren Kalk zu erkennen gab.

Eine Wiederholung des Versuchs mit gepülvertem Quarz und Marmor, wobei die Wasserdämpfe in eine wässrige Lösung von basisch essigsaurem Bleioxyd geleitet wurden, zeigte gleichfalls durch Trübung derselben die entwickelte Kohlensäure an.

Ein Gegenversuch, Wasser über reiner kohlensaurer Kalkerde abdestillirt und die Wasserdämpfe in Kalkwasser geleitet, zeigte, dafs dieselbe ohne Kieselsäure nicht durch siedendes Wasser zersetzt werden kann.

Eisenspath, Magnesia alba, kohlensaure Magnesia wurden gleichfalls durch Kieselsäure, aus Fluorkieselgas dargestellt, unter mitwirkendem siedendem Wasser zersetzt. Der Eisenspath war mit Quarzadern durchzogen, mit kalter Salzsäure brauste er aber nicht; es war also kein Kalkspath eingesprengt, der eine Täuschung hätte veranlassen können. Die Trübung des Kalkwassers war sogar etwas stärker, als beim kohlensauren Kalk. Bei Wiederholung des Versuchs mit fein geschlämmtem Quarzpulver war die Trübung etwas schwächer. Bei Behandlung der Magnesia alba und der kohlensauren Magnesia wurde das Kalkwasser viel stärker, als bei Behandlung der vorhergehenden Carbonate getrübt: es entwikkelten sich erbsengrofse Blasen von Kohlensäuregas.

Aus Magnesia alba und kohlensaurer Magnesia entwikkelte sich indefs schon etwas Kohlensäure, als über ihnen Wasser abdestillirt wurde.

Wenn daher Kalk- oder Magnesia- oder Eisenoxydul-Carbonat, oder alle drei zugleich, gemengt mit Quarz in einer Tiefe im Innern der Erde vorkommen, wo sie siedendem Wasser ausgesetzt sind: so entwickelt sich Kohlensäure, und es bilden sich Silicate.

Payen's Analyse wies in dem Gase der Suffioni in *Toscana* 57,3 Proc. Kohlensäuregas nach (Bd. I. S. 669). Nach Hoffmann dringen die Wasserdämpfe der Lagunen vom *Monte Cerboli* aus Spalten im Kalksteine; der Hügel, welcher die Fumacchien von der *Possera* trennt, besteht aus

sehr verwittertem Kalksteine. Auch jenseits dieses Flusses treten die Dampfsäulen aus seiger fallenden Kalkbänken. Bei der grofsen Fumacchie *di Castel novo* ist feinkörniger Sandstein mit mergeligem Bindemittel herrschend, welcher mit Schiefermergel und Letten wechselt und gegen Osten von Kalkstein bedeckt wird (S. 678 und 679). Hier haben wir alle Bedinungen zur Entwicklung der Kohlensäure auf dem bezeichneten Wege: kohlensauren Kalk, Quarz, Siedhitze und Wasserdämpfe. Es ist daher wahrscheinlich, dafs die Kohlensäure in den Suffioni auf diese Weise entsteht.

Ganz entfernt von vulkanischen Wirkungen sehen wir aus einer Tiefe von 2210 Fufs, aus dem Muschelkalke, eine 26°,2 R. warme Soole mit sehr bedeutender Kohlensäure-Entwickelung aufsteigen (Bd. I. S. 155 und 277). Noch ist der Muschelkalk nicht durchbohrt. Wie mächtig dort die sedimentären Formationen sind, zeigt die Mächtigkeit der Keuperformation von wenigstens 1600 F. Wir berechneten, dafs in diesem Bohrloche auf 118,7 preufs. F. Tiefe eine Temperatur-Zunahme von 1° R. kommt (S. 157). In einer Tiefe von 6386 F. unter der Sohle des Bohrloches, mithin 8596 F. unter der dortigen Erdoberfläche, wird daher, wenn die Temperatur fortwährend nach gleichem Verhältnisse zunimmt, Siedhitze herrschen. Diese Tiefe erreicht gewifs noch lange nicht das Ende der ältesten sedimentären Formationen. Befinden sich in dieser Tiefe Gesteine, welche kohlensauren Kalk und Quarz enthalten, dringen bis dahin Gewässer: so ist eine Kohlensäure-Entwicklung die Folge davon. Stieg dieses Gas in Spalten auf, welche das Bohrloch traf: so kam es hier zu Tage.

Je mehr wir uns mit Hülfe der Chemie geologischen Forschungen hingeben, und nicht müde werden, immer wieder auf experimentalem Wege den Processen in der Natur nachzuspüren, desto mehr lüftet sich der Schleier, der so vieles verhüllt. Schon vor 22 Jahren*) habe ich die möglichen Processe beleuchtet, wodurch im Innern unserer Erde Kohlensäure entwickelt werden kann. Später, vor 12 Jahren**),

*) Die vulkanischen Mineralquellen u. s. w. 1826. S. 255 ff.

**) Meine Wärmelehre S. 323. Ebelmen ist seitdem, vielleicht ohne

und in diesem Werke (Bd. I. S. 311 ff. und Bd. II. S. 45 ff.) habe ich diesen Gegenstand wieder berührt. Unter allen Erklärungsarten stellte sich diejenige als die wahrscheinlichste heraus, wonach die Kohlensäure ein Educt aus kohlensaurem Kalke ist, sei es dafs dieser für sich, oder im Gemenge mit Quarz der Glühehitze in jenen Tiefen ausgesetzt ist, wo eine solche Temperatur herrscht. Daher wurde geschlossen, dafs der Heerd der Kohlensäure - Exhalationen wahrscheinlich unter allen sedimentären Formationen, und mithin auch unter dem Thonschiefergebirge liege (Bd. I. S. 248). Da die Kieselsäure schon in der Siedhitze auf nassem Wege die Kohlensäure aus dem kohlensauren Kalk auszutreiben vermag: so ist dieser Gegenstand in ein neues Stadium getreten.

Selbst diejenigen Geologen, welche die Temperatur-Zunahme nach dem Innern nicht als ein allgemeines Phänomen gelten lassen wollen, können doch gegen die Thatsache nichts erinnern, dafs die heifsen Quellen heifses Wasser, dessen Temperatur an vielen Stellen bis zum Siedepuncte steigt, zu Tage bringen. Wo aber im Innern der Erdkruste siedend heifses Wasser, kohlensaurer Kalk und Quarz zusammentreffen, entwickelt sich Kohlensäure, die, durch Spalten nach oben strömend, von den ihr entgegen strömenden Gewässern absorbirt wird und in den Kohlensäuerlingen zu Tage kommt. Wir brauchen nun nicht mehr den Heerd der Kohlensäure - Exhalationen in Tiefen von mehreren Meilen zu suchen, sondern wir finden ihn in jeder Formation, wenn sie nur bis zu mäfsigen Tiefen reicht, und in derselben Carbonate, Quarz und Wasser gegenwärtig sind.

Die grofse Verbreitung der Kohlensäure - Exhalationen auf der ganzen Erde nöthigt zur Annahme eines grofsen Processes im Innern derselben, wodurch dieses Gas ausgeschieden wird. Wenn nun durch eine Bildung von Silicaten unter Umständen, die keineswegs zu den ungewöhnlichen gehören, Kohlensäure entwickelt wird, und dieser Procefs das Phänomen am einfachsten erklärt: so können wir gewifs mit vieler Wahrscheinlichkeit eine solche Silicatbildung in der Tiefe

dieses Werk zu kennen, zu derselben Ansicht vom Ursprunge der Kohlensäure geführt worden (Compt. rend. T. XX. No. 19. 1845).

voraussetzen. Die Entstehung augitischer Labradorgesteine durch diesen Procefs würde dann im Wesentlichen nichts anderes sein, als eine Umwandlung verschiedener Carbonate durch Kieselsäure, unter Mitwirkung siedenden Wassers, in Silicate.

Schon früher (S. 12) haben wir die Frage aufgeworfen, ob je aus den Elementen der zerstörten krystallinischen Gesteine wieder ein neues krystallinisches Gebilde hervorgehen kann. Die Umwandlung sedimentärer Gesteine in krystallinische, über welche weder die Vertheidiger der plutonischen Metamorphose, noch wir hinweg kommen können, bejaht diese Frage; nur in Beziehung auf diejenigen Sedimente, welche Carbonate enthalten, konnte die Metamorphose zweifelhaft erscheinen. Die Sedimente im Meere müssen aber durch fortgesetzte Anhäufung in immer wärmere Regionen und bald in solche kommen, in denen Siedhitze herrscht (S. 50). Enthalten sie Carbonate und Quarze, so begreifen wir, wie sich jene in Silicate umwandeln werden. Wo also kohlensaurer Kalk im Gemenge mit quarzigen Massen Sedimente bildet, ist unter jenen Umständen die Umwandlung des Kalkcarbonats in Kalksilicat nicht zu bezweifeln. Beachten wir jedoch, dafs sich bei weitem die gröfsten Quantitäten kohlensaurer Kalkerde frei von Kieselsäure oder nur mit geringen Mengen derselben, absetzen: so sind diese einer Umwandlung in Silicate nicht oder nur in geringem Grade, ausgesetzt. Defshalb wird nur ein geringer Theil der von der Zersetzung der Kalksilicate herrührenden kohlensauren Kalkerde wieder in seine ursprüngliche Verbindung mit Kieselsäure zurückkehren. Wie daher seit Anfang der sedimentären Periode die Bildung der kohlensauren Kalkerde beständig fort zugenommen hat (S. 52): so wird dieselbe auch fortwährend zunehmen, wenn nicht durch grofse Revolutionen im Innern der Erde, ganze Kalk- und Sandsteingebirge in diejenigen Regionen stürzen, wo Alles im feuerflüssigen Zustande vorhanden ist.

Haben wir auch Processe kennen gelernt, durch welche augitische Labradorgesteine auf nassem Wege und in der Siedhitze des Wassers gebildet werden können, ist sogar die Möglichkeit nicht zu bestreiten, dafs diejenigen dieser Gesteine, welche lagerartig in sedimentären Formationen vorkommen, einen solchen Ursprung haben können: so vermögen wir

doch nicht diesen Ursprung von den in Spalten aufgestiegenen augitischen Labradorgesteinen anzunehmen.

Sollte aber jemals ein Lager eines solchen Gesteins in sedimentären Formationen gefunden werden, von dem weder ein Zusammenhang mit Eruptionsspalten, noch mit anderen Lagern, wovon es etwa durch Thalbildungen getrennt worden, nachzuweisen wäre: so müfste selbst denjenigen Geologen, welche eine Bildung der augitischen Labradorgesteine bis jetzt nur auf feuerflüssigem Wege möglich halten, eine Hypothese willkommen sein, die ihnen die Möglichkeit einer Bildung auch auf anderem Wege zeigt.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Kap. IX.

Vorkommen der Basaltgänge mit Erzgängen.

Nirgends kann man die Umwandlungs- und Zersetzungsprocesse augitischer Labradorgesteine so gründlich studiren, als in Basaltgängen, die, des Abbaues der mit ihnen vorkommenden Erzgänge wegen, bis zu grofsen Tiefen aufgeschlossen sind. Das Rheinische Schiefergebirge bietet die ausgezeichnetsten Erscheinungen dieser Art dar.

Schon oft ist der Basaltgang in der Eisensteingrube *Alte Birke* an der eisernen Hardt bei *Siegen* beschrieben worden *). Durch die besondere Gefälligkeit des Bergamtsdirectors u. s. w. Heufsler in *Siegen* habe ich eine schöne Sammlung von Stufen aus dieser Grube erhalten, welche künftig zu den Seltenheiten gehören werden, da der Eisenerzgang gröfstentheils abgebaut ist. Die mir dadurch gewordene günstige Gelegenheit wollte ich nicht vorübergehen lassen, durch chemische Analysen der vorzüglichsten dieser Stufen die genetischen Verhältnisse etwas aufzuklären.

Ohne Zweifel war die basaltische Gangmasse in diesem Gange ursprünglich so homogen, als sich der Basalt überhaupt findet. Zeigt sich diese Homogenität an verschiedenen Stellen des Ganges wesentlich verändert, erscheinen ungleichar-

*) Ullmann systemat. Uebers. der einfachen Fossilien 1814. S. 306. — Nöggerath's Gebirge in Rheinland-Westphalen, Bd. I. S. 116 ff. — J. Ch. L. Schmidt ebend. und in v. Leonhard's Basaltgebilde Bd. I. S. 451 ff. — F. W. E. Schmidt in Karsten's und v. Dechen's Archiv Bd. XXII. S. 103 ff.

tige Producte: so ist gewifs, dafs dieselben durch Umwandlung und Zersetzung des ursprünglichen Basalts entstanden sind.

Was aus augitischen Labradorgesteinen werden kann, wenn sie den Wirkungen der Gewässer, der Kohlensäure und des Sauerstoffs unterworfen sind, das kann nirgends so deutlich wahrzunehmen sein, als in solchen Basaltgängen, wo auch nur die Wirksamkeit dieser Agentien gedacht werden kann. Dafs die Wirkungen der Gewässer auf das Gestein in Gängen in höherem Grade statt finden müssen, als in Basaltbergen, rührt davon her, dafs die Gewässer das Gestein nirgends in gröfseren Massen durchdringen, als auf Gängen *), besonders wenn, wie bei den Basaltgängen, durch die säulenförmige Absonderung so viele Zwischenräume entstanden sind.

Der Basalt in der Grube *Alte Birke* enthält, wo er am wenigsten verändert erscheint, Olivin und unvollkommene Labradorkrystalle **), selten Magneteisen. Seine Blasenräume sind mit Sphärosiderit theils ganz ausgefüllt, theils damit überzogen. Der Labrador verwittert zu Kaolin, wenn die Basaltmasse in Wacke übergeht.

Diese Wacke ist mandelsteinartig, schwärzlich und bläulichgrau. Wo der Basaltgang den Eisensteingang durchsetzt oder berührt, ist die Wacke in Wackenthon umgewandelt. Dieser geht allmälig in festen Basalt über. Wo der Basaltgang nur auf einer Seite vom Eisensteingange berührt wird, findet sich auf der entgegengesetzten, wo der Wasserzuflufs geringer war, der Sphärosiderit kaum angegriffen, und der Labrador nur etwas verändert, dem Brauneisenstein aber näher schon in Kaolin umgewandelt, und die Wackenmasse in Wackenthon zersetzt.

*) Die Bergleute wissen schon längst, dafs auf dem Ausgehenden der Gänge viele Quellen gefunden werden. Daher läfst sich das Streichen der Gänge häufig nach den Quellen beurtheilen, und umgekehrt kann auf dem Ausgehenden der Gänge Quellwasser erwartet werden. Zinken in Poggend. Ann. Bd. LXXVIII. S. 280.

**) F. W. E. Schmidt spricht überall von glasigem Feldspath. Der Herausgeber, v. Dechen, bemerkt aber mit Recht, dafs dieses Mineral wohl Labrador sein dürfte.

Der Wackenthon hat verschiedene graue und weifslichgelbe Farben. Bisweilen ist er blafsfleischroth gefleckt, bisweilen röthlich- und gelblichweifs geadert, an einigen Stellen ganz ochergelb. Er enthält Körnchen von Labrador, Hornblende, Augit und Olivin, häufig Magneteisen.

Wo am Basaltgange die basaltische Masse in Wackenthon umgewandelt ist, erscheinen Saalbänder. Sie fehlen, wo diese Masse aus Wacke oder aus dichtem Basalt besteht. Die Wacke wird aber hier, wo noch keine völlige Umwandlung statt fand, von bolartiger Wacke begleitet.

Diese Saalbänder bestehen aus einem Mineral, welches die Bergleute Eisenopal nennen. Man unterscheidet braunen und schwarzen Eisenopal. Diese Benennung ist aber unrichtig; denn die Analysen zeigen, dafs die braune Varietät hauptsächlich aus Eisenoxydhydrat und die schwarze aus Mangansuperoxyd besteht. Jener ist daher Brauneisenstein, dieser Pyrolusit.

Nach gefälligen Mittheilungen des Bergmeisters Marenbach in *Siegen* hat der Basaltgang eine wechselnde Mächtigkeit. Sie ist am stärksten, wo er das Liegende des Eisenerzganges bildet (manchmal über ein Lachter). Wackenthon ist der vorherrschende Gangtheil des Basaltganges. Die beiden anderen Glieder, Wacke und Sphärosiderit-haltender Basalt, kommen unregelmäfsig vor, mehr nesterartig, als in Streifen oder regelmäfsigen Trümmern. Sie bilden zusammen nicht ganz ein Drittheil der Basaltgang-Masse. Welches von beiden Gliedern am häufigsten vorkommt, ist nicht bestimmt anzugeben.

Die sogenannten Eisenopale sind höchstens 8 Zoll mächtig. Der schwarze geht in den braunen und rothen über; eine bestimmte Grenze ist selten deutlich wahrzunehmen. Der schwarze ist selten über 2 Zoll mächtig; zuweilen fehlt er ganz. Stets berührt der braune oder rothe das Nebengestein, und der schwarze verläuft sich in den Wackenthon.

Nach den Mittheilungen der beiden Schmidt soll sich der Einflufs der Hitze des später aufgestiegenen Basalts an den Massen des Eisenerzganges zeigen *). Nach F. W. E.

*) Gegen die extravaganten ultraplutonischen Ideen J. Ch. L

Schmidt soll der Eisenspath durch Gewässer schon gröfstentheils in Brauneisenstein umgewandelt gewesen sein, als die Spalte gebildet wurde, in welcher die Basaltmasse aus dem Erdinnern aufstieg, weil der Brauneisenstein und der in ihm lose in Drusen liegende Eisenglanz in der Nähe der Basaltgänge, und der Eisenspath in Berührung mit denselben durch Röstung zu Magneteisen geworden sein soll. Dicht am Basaltgange soll an einer Stelle das aus Eisenspath entstandene Magneteisen ocherig und 8—10 Zoll weit so verändert sein, dafs ein Uebergang aus dem stark gerösteten bis zum halb gerösteten Zustande wahrzunehmen ist. Auch der hier und da in Eisenspath-Nestern vorkommende Eisenglanz soll ebenfalls verändert, mürbe gebrannt und mit Eisenoxydul überzogen sein.

Solche Veränderungen können nicht durch Hitze bewirkt werden. Brauneisenstein kann sich durch Hitze nur dann in Magneteisen umwandeln, wenn er organische Substanzen enthält. Haben die Gewässer so viel Organisches im Brauneisenstein zurückgelassen, wie im Basalt (I. *a*), so konnten 31 Proc. Oxyd reducirt worden sein. Fehlte es aber an solchen Substanzen, so konnte nur eine Umwandlung in Rotheisenstein erfolgen. Eben so wenig könnte Eisenspath, in einem Gange mit geschmolzenem Basalt in Berührung, zu Magneteisen werden; denn 62 Proc. Eisenoxydul vom Eisenspath müssen zu 69 Proc. Eisenoxyd oxydirt werden, um mit den übrigen 31 Proc. Oxydul Magneteisen zu geben. Woher sollte aber der Sauerstoff gekommen sein, da die Berührung des Eisenspaths mit Basalt den Zutritt der Luft ausgeschlossen haben würde? — Nur beim Rösten des Eisenspaths an der Luft kann Magneteisen entstehen. Genug, kein einziges Kennzeichen spricht für eine Einwirkung der Hitze. Sollte diese auch jemals auf die Eisenerze eingewirkt haben, so würden die später ein-

Schmidt's in v. Leonhard's Basaltgebilden unsere Polemik richten zu wollen, würde eine überflüssige Mühe sein. Sie fallen in eine Zeit, wo solche Ideen wie Epidemien allgemein grassirten, wovon auch dieser sonst so treffliche Beobachter, dem wir so viele gediegenen Untersuchungen über die Gänge verdanken, ergriffen worden war.

gedrungenen Gewässer diese Wirkung verwischt haben, und es würden ocherige Massen entstanden sein.

Die nachstehenden Analysen werden die bedeutenden Umwandlungen und Zersetzungen, welche der Basalt durch die Gewässer erlitten hat, nachweisen. Die Eisenerzgänge sollen älter, als die Basaltgänge sein; sie würden also den Wirkungen der Gewässer noch für einen längeren Zeitraum ausgesetzt und noch viel bedeutender, als die Basaltgänge, verändert worden sein.

	Basalt		
	nach dem Ergebnifs der Analyse durch Aufschliefsen mit kohlensaurem Kali und Flufssäure.		nach der Bestimmung der Kohlens. des Sphärosiderits und der organischen Substanzen.
	I. *a.*	Sauerst.	I. *b.*
Kieselsäure . . .	41,35	21,47	41,35
Thonerde	7,06	3,30	7,06
Eisenoxyd	27,88	5,57 Oxydul	2,57
Manganoxyd . . .	5,65	1,27	5,65
Kalkerde	8,33	2,37	8,33
Magnesia	1,68	0,65	1,68
Natron	2,06	0,53	2,06
Kohlens. Eisenoxydul	—	—	22,52
Wasser	0,8	—	0,8
Kohlenstoff . . .	3,20		
Organische Substanz			7,98
	98,01	13,69	100,00
		0,638	

	Wacke	Wacken-thon	Braunei-senstein	Pyrolusit
Kieselsäure	17,07	42,39	13,00	14,10
Thonerde .	10,38	27,48	5,82	8,78
Eisenoxydul	44,51	Oxyd 17,03	61,50	0,61
Manganoxyd	0,58	—	—	Mangansuper-oxyd 59,30
Kalkerde .	—	—	—	Spur
Magnesia .	2,22	0,09	1,71	1,83
Natron . .	Spur	0,41	Kali 0,09	0,32
Wasser .	24,78	12,35	14,76	12,42
Org. Subst.	1,42	0,33		
	100,96	100,08	96,88	97,36

Kleine Blasenräume im Basalte waren mit Sphärosiderit erfüllt, welche sich nicht absondern liefsen; der Basalt wurde daher im Ganzen analysirt, und der Sphärosiderit aus der Menge der Kohlensäure bestimmt.

Bei der Analyse dieses Basalts zeigten sich auffallende Erscheinungen. In der Siedhitze des Wassers verlor er 0,86 Proc. hygroskopisches Wasser. Beim Glühen ergab sich ein Verlust von 13,19 Proc. Als die Kohlensäure und das Wasser durch Hitze ausgetrieben und direct bestimmt wurden, erhielt man

Kohlensäure .	1,53	Proc.
Wasser . .	0,8	„
	2,33	„

Es ergab sich also ein Verlust von 10,86 Proc. Die durch Schwefelsäure ausgeschiedene Kohlensäure betrug aber im Mittel aus drei nahe übereinstimmenden Versuchen 8,70 Proc. Die Differenz zwischen der auf beiden Wegen bestimmten Kohlensäure rührte davon her, dafs der gröfsere Theil der Kohlensäure des Sphärosiderits im Basalte durch dessen Kohlengehalt zu Kohlenoxydgas reducirt wurde. Hiernach bestand der Glüheverlust in

8,70	Proc.	Kohlensäure
0,276	„	Kohlenstoff, welcher mit der zu Kohlenoxydgas reducirten Kohlensäure entwichen war
0,8	„	Wasser
9,776	„	
3,414	„	können daher nur von zerstörter und verflüchtigter organischer Materie herrühren.
13,190		

Die 3,2 Proc. Kohlenstoff in I. *a* waren mit der Magnesia gemengt. Die übrigen bei der Analyse ausgeschiedenen Bestandtheile waren alle geschwärzt und daher gleichfalls mit Kohle gemengt. Der Verlust von 2,79 Proc. ist gröfstentheils diesen Kohlenstoff-Quantitäten, welche nicht direct bestimmt werden konnten, zuzuschreiben. Von den mineralischen Bestandtheilen konnte nichts verloren gegangen sein, da alle Abwaschewasser bei der Analyse abgedampft und deren Rückstände gewogen wurden.

Durch die Gegenwart einer so bedeutenden Menge organischer Substanzen, der Kohlensäure und des Wassers mufsten die Resultate der Analyse unsicher werden. Die organischen Substanzen reducirten beim Ausglühen des zur Analyse verwendeten Basalts ohne Zweifel auch einen Theil des Eisenoxyds, wodurch die Bestimmung desselben als Oxyd fehlerhaft wurde. In I. *b* wurde indefs das Eisen als Oxydul berechnet, weil jeden Falls die gröfsere Menge desselben, das im Sphärosiderit enthaltene, als solches vorhanden war.

Wollte man die Zusammensetzung eines Fossils, welches eine so bedeutende Menge organischer Substanzen enthält, mit gröfserer Schärfe ermitteln: so bliebe nichts anderes übrig, als diese vorher zu extrahiren. Für unsern Zweck würde jedoch eine solche Analyse kein Interesse darbieten.

Die zur Analyse angewandte Wacke war schmutziggrünlichgrau mit einzelnen ocherigen Parthien von zersetztem Sphärosiderit. Diese Farbe deutet schon auf Eisenoxydul. Als die Wacke mit Salzsäure in einem verschlossenen Gefässe digerirt wurde, gab die Auflösung einen schmutzig

grünen Niederschlag; sie enthielt daher das Eisen gröfstentheils als Oxydul. Dafs übrigens etwas Eisenoxyd beigemischt war, zeigt der Gewichtsüberschufs. Der trocknen Destillation unterworfen, entwickelte die Wacke einen brenzlichen Geruch und das Destillat zeigte Spuren von Ammoniak. Ihr Gehalt an organischen Substanzen schützte wohl das Eisenoxydul gegen höhere Oxydation. Zwei Jahre lang in einem trocknen Schranke aufbewahrt, hatte die Wacke ihre Farbe auf der unteren Fläche nicht verändert; die der Luft ausgesetzten Flächen waren aber graubraun geworden. Nicht blofs der beschränkte Luftzutritt auf der untern Fläche, sondern auch das Holz, worauf sie gelegen hatte, scheint die höhere Oxydation des Eisens verhindert zu haben. Als die vorher geglühte Wacke mit Kupferoxyd erhitzt wurde, entwickelte sich keine Kohlensäure: zum Beweise, dafs beim Glühen der kohlige Rückstand durch theilweise Reduction des Eisens verflüchtigt worden war.

Wir glauben nicht zu irren, wenn wir die bei Zersetzung des Basalts so häufig eintretende Erscheinung, dafs das Eisenoxydul der oxydirenden Wirkung des Sauerstoffs in den Gewässern widersteht, vorzugsweise der reducirenden Wirkung organischer Substanzen zuschreiben. In allen, Zersetzungsprocessen unterworfenen Gesteinen finden wir mehr oder weniger organische Substanzen, und in den, in Rede stehenden, wie namentlich im Basalte jenes Ganges, treten sie in so bedeutender Menge auf.

Der bläulichgraue Wackenthon war von ochergelben Adern und Puncten durchzogen. In ihm schien das Eisen gröfstentheils als Oxyd vorhanden zu sein. Nach 24stündigem Digeriren mit Salzsäure in einem verschlossenen Gefäfse wurde nur Eisenoxyd extrahirt. Bei der Umwandlung der Wacke in Wackenthon ist also das zurückgebliebene Eisenoxydul wenigstens gröfsten Theils zu Oxyd geworden.

Der sogenannte braune Eisenopal hält, wie schon die Farbe zeigt, das Eisen wohl nur als Oxyd. Kochende Salzsäure nimmt nur wenig aus ihm auf; das Aufgelöste ist aber blofs Eisenoxyd *).

*) Der Verlust bei der Analyse rührt wohl zum Theil von der Kohle

Der sogenannte schwarze Eisenopal lieferte beim Glühen 9,55 Proc. Sauerstoffgas. Da dieses aus dem Glüheverluste, nach Abzug des Wassers, gefunden worden, so wurde es etwas zu hoch bestimmt; denn ein Theil des entwickelten Sauerstoffs hatte organische Substanzen oxydirt. Dafür spricht auch, dafs die durch die Analyse gefundenen 49,75 Proc. Manganoxyd nur 5,6 Proc. Sauerstoff sur Umwandlung in Superoxyd fordern.

Die Gegenwart der organischen Substanzen wurde in allen diesen Umwandlungs- und Zersetzungsproducten durch die trockne Destillation nachgewiesen. Der Wackenthon entwickelte den stärksten brenzlichen Geruch, beim Brauneisenstein war er schwächer und noch schwächer beim Pyrolusit. Das Destillat vom ersteren enthielt so viel Ammoniak, dafs es rothes Lackmuspapier stark bläuete, das von den beiden letzteren viel weniger; es war nur mittelst eines mit Salzsäure benetzten Glasstabes zu erkennen.

Die vorstehenden Analysen von fünf Gangmassen liefern Resultate, welche entschieden anzeigen, dafs keine derselben, wie sie jetzt sind, selbst nicht der Basalt, als eruptive Massen in die Gangspalten eingeführt worden sein können. Die Kieselsäure eines blofs aus Labrador und thonerdehaltigem Augit bestehenden Gesteins fällt zwischen die Grenzen 55,75 und 47,05 Proc. (S. 630). Der Basalt enthält aber nur 41,35 Proc. Kieselsäure; er kann daher als ein solches Gestein nicht betrachtet werden. Da wir in ihm ausserdem bedeutende Quantitäten von Sphärosiderit und organischen Substanzen finden, so mufs auch er schon bedeutenden Umwandlungsprocessen erlegen sein, wenn er ursprünglich ein wahrer Basalt war. Eine Quantität von 8 Proc. organischer Substanzen zeigt an, dafs durch den Basalt ungeheure Massen von Tagewassern, welche diese Substanzen in ihm abgesetzt haben, gedrungen sein müssen. Es ist aber von selbst klar, dafs sich solche Wassermassen nicht darauf beschränkt haben werden, blofs organische Substanzen und Kohlensäure zur Bildung des Sphärosiderits zugeführt zu haben, son-

her, welche eine entsprechende Menge Eisenoxyd reducirt hatte. Kohlensaures Eisenoxydul war im braunen Eisenopal nicht vorhanden.

dern durch sie werden auch Bestandtheile des Basalts fortgeführt worden sein.

Von besonderem Interesse ist das porphyrartige Vorkommen des Sphärosiderits im Basalte. F. W. E. Schmidt führt an, dafs sich in der doleritischen Wacke Sphärosiderit in Formen von Labrador, Augit und basaltischer Hornblende findet. Auf meine Anfrage bestätigte der Bergmeister Marenbach diese Angabe ausdrücklich. Diejenigen Geologen, welche nichts davon hören wollen, dafs solche Gemengtheile, wie der Sphärosiderit im Basalte, spätere Bildungen seien, sondern alles, was sich in krystallinischen Gesteinen findet, für Producte aus einem Flufs und Gufs halten, mögen daraus ersehen, wie sich unzweifelhaft spätere Bildungen in dichten Gesteinen Platz verschaffen. Die Pseudomorphosen haben zwar schon längst gezeigt, wie krystallisirte Gemengtheile eines Gesteins von anderen Stoffen verdrängt werden, und wie sich diese in die Form der verdrängten Mineralien schmiegen können; immer ist es aber von Interesse, wenn wir neue Beispiele dieser Art finden. Verdrängt der Sphärosiderit Labrador- und Augitkrystalle, wie kann man dann zweifeln, dafs er auch die labradorische und augitische Grundmasse verdrängen und sich in diesen Räumen mit seiner eigenen Krystallform ausbilden kann? Nach solchen Thatsachen mufs man greifen, um sich von unnatürlichen Vorstellungen, als da sind, dafs kohlensaures Eisenoxydul in einer feuerflüssigen Masse unter Druck sich bilden könne, loszureifsen.

Da in unserm Basalte die Menge der Kieselsäure unter das Minimum eines augitischen Labradorgesteins fällt, da die Zusammensetzung der übrigen Gangmassen entschieden einen fortwährenden Verlust an Kieselsäure nachweiset: so hat dieser Verlust ohne allen Zweifel schon im Basalte stattgefunden. Die organischen Substanzen haben die Oxydation des Eisenoxyduls im Basalte auf Kosten des Sauerstoffs in den Gewässern verhindert: eine Oxydation, die ohne Gegenwart dieser Substanzen gewifs von Statten gegangen wäre, da jene bedeutenden Wassermassen sehr viel Sauerstoff zugeführt haben. Dieser Sauerstoff oxydirte die organischen Substanzen und die dadurch entstandene Kohlensäure trug zur Bildung des Sphärosiderits bei.

Wir haben daher den im Gange noch vorkommenden Basalt mit seinen Sphärosideriten wohl zu unterscheiden von dem ursprünglich vorhanden gewesenen Basalt.

Sehr merkwürdig ist, dafs die bedeutende Menge Kalkerde des Basalts nicht aus ihrer Verbindung mit Kieselsäure durch die theils gebildete, theils in den Gewässern vorhandene Kohlensäure abgeschieden worden ist, sondern dafs diese nur das Eisenoxydul ergriffen hat *). Wir haben übrigens schon oben (S. 713) ersehen, dafs die Zersetzung des Basalts auch an andern Orten eine solche Richtung genommen hat.

Als erstes Umwandlungsproduct des Basalts erscheint die Wacke. Sie enthält sehr viel weniger Kieselsäure, als der Basalt; es hat daher bei dieser Umwandlung ein bedeutender Verlust an Kieselsäure stattgefunden. Ausserdem sind die Kalkerde ganz, und die Alkalien bis auf eine ganz geringe Spur verschwunden. Eine Folge davon ist die bedeutende relative Zunahme des Eisenoxyduls. Der Labrador ist daher vollkommen zersetzt und seine Bestandtheile sind fortgeführt worden.

Im Wackenthon finden wir nahe dasselbe Verhältnifs Kieselsäure und Thonerde, wie in der Wacke, aber das Eisen um mehr, als das 2½fache vermindert. Der Wackenthon ist daher ein Zersetzungsproduct der Wacke, wobei sich der gröfste Theil des Eisens ausgeschieden hat.

Dieses ausgeschiedene Eisen findet sich im Brauneisenstein (braunen Eisenopal) wieder, der unter allen Zersetzungsproducten die gröfste Menge davon enthält. Vielleicht dafs aber auch das Magneteisen ein Zersetzungsproduct der Wacke und nicht, wie F. W. E. Schmidt annimmt, des ursprünglichen Eisenspaths ist. Um so mehr ist man berechtigt, jenen Brauneisenstein für ein Zersetzungsproduct der Wacke oder des Basalts zu halten, da er, wie bereits bemerkt, am Basaltgange nur da Saalbänder bildet, wo eine Umwandlung in Wackenthon stattgefunden hat.

*) Dafs dieser Basalt nur kohlensaures Eisenoxydul und keine kohlensaure Kalkerde enthält, ergiebt sich daraus, dafs Salzsäure nicht in der Kälte, sondern nur unter mitwirkender Wärme Kohlensäuregas entwickelt.

Während in jenem Brauneisenstein das Eisenoxyd der überwiegende Bestandtheil ist, ist es im Pyrolusit das Mangansuperoxyd. Im Uebrigen sind sich beide Mineralien in ihrer Zusammensetzung so ähnlich, dafs man diese beiden Oxyde für, sich gegenseitig vertretende Bestandtheile halten kann. Im Pyrolusit finden wir das Mangan wieder, was im Basalte in so bedeutender Menge vorkommt. Merkwürdig ist, dafs sich das Eisen- und Manganoxyd so fast ganz von einander gesondert haben und in getrennte Verbindungen übergegangen sind; denn wenn auch die Analyse im Pyrolusit neben dem Manganoxyd noch eine geringe Menge Eisenoxyd nachgewiesen hat: so habe ich doch, aller Sorgfalt ungeachtet, im Brauneisenstein neben Eisenoxyd durchaus kein Manganoxyd finden können.

Die Wacke und der Wackenthon sind unstreitig an dem Orte ihres Vorkommens durch Umwandlungsprocesse entstanden. Der Brauneisenstein und der Pyrolusit sind aber durch Gewässer fortgeführte Zersetzungsproducte der Wacke oder des Basalts, welche sich als Saalbänder abgesetzt haben. Ob das Manganoxyd früher als das Eisenoxyd abgesetzt wurde, weil der Brauneisenstein das äufsere Saalband bildet, ist ungewifs. Der Umstand, dafs man im Pyrolusit häufig Bröckchen von Wackenthon eingeknetet findet, dafs jener in den feinsten Adern in diesen eindringt, zeigt entschieden den Absatz des Mangansuperoxyds aus wässrigen Flüssigkeiten. Vermuthen möchte man, dafs der Brauneisenstein ein Zersetzungsproduct der Wacke, der Pyrolusit ein unmittelbares Zersetzungsproduct des Basalts sei; denn jene enthält nur 0,6, dieser aber fast 6 Proc. Manganoxyd. Der Pyrolusit mag indefs ein unmittelbares oder ein mittelbares Zersetzungsproduct des Basalts sein, der Mangel an Manganoxyd im Wackenthon und im Brauneisenstein zeigt, dafs sich dasselbe ganz im Pyrolusit concentrirt hat.

Da sich bei Vergleichung der Wacke und des Wackenthons mit dem Basalte eine fortschreitende Zunahme der Thonerde zeigt: so ist von diesem Bestandtheile gewifs am wenigsten durch die Gewässer fortgeführt worden (S. 713). Wir fehlen daher gewifs sehr wenig, wenn wir in den Zersetzungsproducten des Basalts noch die ursprüngliche Quantität der Thon-

erde annehmen. Unter dieser Voraussetzung würden bei der Umwandlung des Basalts in Wacke 44, und bei der Umwandlung der Wacke in Wackenthon abermals 3 Proc. Kieselsäure verschwunden sein. Dazu kommt, dafs, wie oben bemerkt wurde, schon der Basalt von seiner Kieselsäure verloren hatte. Approximativ kann daher die Hälfte der Kieselsäure desjenigen Basalts, welcher sich in Wacke und Wackenthon umgewandelt hat, durch Gewässer fortgeführt worden sein. Da ferner die Kalkerde und die Alkalien verschwunden sind: so nimmt man gewifs eher zu wenig, als zu viel an, wenn man den ganzen Verlust auf $\frac{1}{3}$ der Masse desjenigen Basalts schätzt, welcher der Umwandlung erlegen ist. Da endlich, nach M a r e n b a c h's Schätzung, der Wackenthon mehr als $\frac{2}{3}$ der ganzen Basaltgang-Masse beträgt: so sind von den Gewässern mindestens $\frac{2}{9}$ derselben fortgeführt worden.

Dagegen finden wir in den Zersetzungsproducten des Basalts bedeutende Quantitäten Wasser, die in der Wacke bis auf 25 Proc. steigen, organische Substanzen, welche im Basalt die bedeutende Menge von 8 Proc. erreichen, und Kohlensäure im Sphärosiderit des Basalts. Wenn diese mit dem Wasser hinzugetretenen Substanzen auch nicht ganz jenen Verlust an Kieselsäure, Kalkerde und Alkalien ersetzen mögen: so kommt dazu, dafs die Umwandlungsproducte des Basalts meist ein geringeres specif. Gewicht haben und daher einen gröfseren Raum einnehmen, als dieser. Das specif. Gewicht des Wackenthons ist 2,65. Bei der Umwandlung des Basalts in diese, in gröfster Menge im Gange vorkommenden Masse fand daher eine Volumenzunahme um ungefähr $\frac{1}{9}$ vom Volumen des Basalts statt. Diese Zunahme und die aufgenommenen Substanzen mögen die durch die fortgeführten Substanzen herbeigeführte Raumverminderung wieder ausgeglichen haben. Ausserdem hätten sich leere Räume bilden müssen, in denen sich ein Theil der, durch die Gewässer fortgeführten Kieselsäure und Kalkerde als Quarz und Kalkspath abgesetzt haben würde. Vielleicht dafs die Blasenräume in den Mandelsteinen die Folge von Zersetzungsprocessen sind, welche von einer wirklichen Raumverminderung herrühren.

Es entsteht die Frage, wohin sind die bedeutenden Quantitäten Kieselsäure und Kalkerde gekommen, die aus dem in Rede stehenden Gange durch die Gewässer fortgeführt worden sind?

Da Quarz in den Erzgängen vorkommt, so könnte man in diesen jene Kieselsäure suchen. Sofern jedoch diese Gänge früher als die Basaltgänge entstanden sind, so würde der Quarz vom Thonschiefergebirge, wie alle in demselben so häufigen Quarzgänge abstammen. Ist es mithin wahrscheinlich, dafs selbst die Kieselsäure fortgeführt worden ist: so ist es von der Kalkerde gewifs; denn Kalkspath findet sich weder im Basalt- noch im Erzgange.

Die Tiefe, bis zu welcher man in der Grube *Alte Birke* den Basaltgang verfolgt hat, liegt noch über der Sohle der benachbarten Thäler. Die Gewässer mit ihren aufgelösten Zersetzungsproducten konnten also ungehindert dorthin abfliefsen. Ob sie bis zu gröfseren Tiefen gedrungen sind und dort Absätze gebildet haben, wissen wir nicht. Eine solche Möglichkeit kann aber nicht bezweifelt werden, und die mit quarzigen Bildungen und Kalkspath erfüllten Drusenräume in augitischen Labradorgesteinen zeigen die Wirklichkeit solcher Absätze

Die Quarztrümmchen, welche den erdigen oder ocherigen Magneteisenstein durchsetzen, rühren ohne Zweifel von der fortgeführten Kieselsäure her. Wäre dieser Magneteisenstein ein Zersetzungsproduct des Eisenspaths durch feuerflüssigen Basalt: so würde er mit dem Quarze ein Eisenoxydulsilicat gebildet haben (S. 575 ff.)

Denken wir uns einen Basaltberg, der in den obern Teufen Zersetzungsprocessen mit Ausscheidungen von Kieselsäure erlegen ist: so haben sich die eindringenden Tagewasser, wenn sie bis zu einer gewissen Tiefe gelangt sind, mit Kieselsäure gesättigt. Unterhalb dieser Tiefe können sie nichts mehr davon aufnehmen, und die Zersetzung des Gesteins kann also mit Ausscheidung von Kieselsäure nicht bis zu gröfserer Tiefe fortschreiten. In dieser Tiefe können aber die Gewässer ihre aufgelöste Kieselsäure absetzen und ein quarzreiches Gestein bilden. Auf solche Weise kann das an Kieselsäure so reiche Gestein des *Weisselberges* (Bd. II. S. 663)

entstanden sein. In diesem Falle würde dieser Berg in seiner jetzigen Höhen-Ausdehnung nur noch der Rest der, der Zerstörung entgangenen tieferen Massen sein. Wir kommen also in consequenter Verfolgung der Zersetzungsprocesse basaltischer Gesteine zu denselben Schlüssen, wie oben S. 665.

Bei Betrachtung der granitischen Gesteine werden wir sehen, dafs sich kieselsaures Alkali und Kalkbicarbonat in kohlensaures Alkali, kohlensaure Kalkerde und Kieselsäure zersetzen. Es ist nicht zu zweifeln, dafs das kieselsaure Alkali im Labrador gleichfalls eine solche Zersetzung erleidet, wenn dieser mit kalkhaltigen Gewässern in Berührung kommt. Enthalten die Tagewasser nur eben die geringe Menge Kohlensäure, welche sie aus der Atmosphäre aufgenommen haben: so ergreifen sie nur die Kalkerde, aber nicht die Alkalien des Labradors (Bd. I. S. 826). Hat sich aber in augitischen Labradorgesteinen kohlensaure Kalkerde abgesetzt, so wird sie von der freien Kohlensäure in den nachfolgenden Gewässern wieder aufgelöst, und diese, mit Kalkbicarbonat beladen, bewirken in den tiefern Puncten des Gesteins die Zersetzung der kieselsauren Alkalien des Labradors. Dadurch wird in diesen Puncten abermals kohlensaure Kalkerde abgesetzt und die Gewässer führen kohlensaure Alkalien fort. Die in den oberen Puncten des Gesteins früher abgesetzte kohlensaure Kalkerde wandert also nach und nach in tiefere Puncte, und verschwindet hier endlich ganz (Bd. II. S. 620). Der sonst schwer zu begreifende Absatz von kohlensaurer Kalkerde in tieferen und mithin von der atmosphärischen Kohlensäure entfernteren Puncten eines Ganges oder Berges aus augitischem Labradorgestein, so wie der natürlich nur sehr geringe Gehalt von kohlensaurem Natron in süfsen Quellen, welche aus solchen Gesteinen kommen, erklären sich auf diese Weise einfach und ungezwungen. Dafs die aus jenem Zersetzungsprocesse durch Kalkbicarbonat hervorgegangenen kohlensauren Alkalien wieder zersetzend auf die Kalksilicate im augitischen Labradorgesteine wirken, und so abermals kohlensaure Kalkerde entsteht, davon war schon wiederholt die Rede (Bd. II. S. 420).

Wenn diese verschiedenen Zersetzungsprocesse lange anhalten, so kann es geschehen, dafs bis zu der Tiefe, wo die

Quellen auslaufen, aller Kalk und alle Alkalien, so wie die durch Zersetzung des Kalksilicats durch Kohlensäure und durch Zersetzung der kieselsauren Alkalien durch Kalkbicarbonat frei gewordene Kieselsäure durch die Gewässer fortgeführt werden, wie diefs in dem in Rede stehenden Basaltgange der Fall war *).

Man sieht, wie man, wenn nur ein einziges Fadentrumm gefunden, daran fortspinnen kann, und wie sich endlich ein ganzes Gewebe von Zersetzungen und Verbindungen in den Gesteinen entfaltet. Man sieht, wie Silicate zersetzt, Carbonate gebildet und Kieselsäure ausgeschieden werden, wie durch alkalische Carbonate Silicate ihre Basen, und wie durch Fort- und Zuführung Stoffe ihren Ort wechseln. Und die Grundursache aller dieser Veränderungen ist die Kohlensäure, welche die Gewässer in das augitische Labradorgestein führen.

Von besonderem Interesse ist die Bildung eines, Mangansuperoxyd haltenden Absatzes aus Gewässern. Bd. I. S. 422 ff. wurden zwar schon mehrere Beispiele von Quellenabsätzen, welche Mangansuperoxyd enthalten, angeführt; da aber die Absätze im vorliegenden Falle als Zersetzungsproducte eines basaltischen Gesteins erscheinen: so ist damit der directe Beweis geführt, dafs die so häufig im Melaphyr aufsetzenden Braunstein-Gänge (Bd. I. S. 427 ff.) vom Nebengesteine herrühren. Der Augit in diesen Gesteinen ist es, welcher das Material zu den Absätzen von Mangansuperoxyd liefert. Auch das im Psilomelan manchmal vorkommende Kali (Bd. I. S. 420) finden wir in jenem Absatze, wo es ohne Zweifel vom Labrador abstammt. Die wenn auch nicht scharfe Sonderung der Mangansuperoxyd haltenden Absätze (schwar-

*) Das Brausen mit Säuren zwischen den Quarz- und Jaspisadern und in diesen selbst, welches sich im Melaphyr am Abhange des *Donnersberges* unterhalb *Dannenfels* so characteristisch zeigt (S. 621), und auf einen coordinirten Absatz von kohlensaurer Kalkerde und Kieselsäure schliefsen läfst, erhält durch den oben angeführten Zersetzungsprocefs noch eine andere Erklärung, als sie dort (S. 622) gegeben wurde. Es konnte nämlich blofs das Kalkbicarbonat herbeigeführt worden sein, welches die kieselsauren Alkalien des Labradors an den Spaltenwänden zersetzt und die Abscheidung von Kieselsäure bewirkt hätte.

zer Eisenopal) von den blofs Eisenoxyd-haltigen (brauner Eisenopal) zeigt, wie selbst ein geringer Gehalt an Manganoxyd in einem augitischen Labradorgesteine zur Bildung von wenig oder gar nicht eisenhaltigen Manganerzen Anlafs geben kann.

Der Pyrolusit hat in seiner Zusammensetzung Aehnlichkeit mit dem zersetzten Rhodonit und Bustamit (S. 557 u. 559). In den beiden letzteren ist, wie im ersteren, das Mangansuperoxyd der Hauptbestandtheil: ein abermaliger Beweis, dafs diese Umwandlung auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffs erfolgt (S. 558). Im zersetzten Rhodonit findet sich noch ein Rest von Kalkerde; im zersetzten Bustamit hat sich dieselbe ganz in Carbonat umgewandelt, welches gröfstentheils durch die Gewässer fortgeführt worden ist. Unser Pyrolusit enthält eine kaum noch merkliche Spur von Kalkerde; die Gewässer, welche ihn abgesetzt haben, waren daher entweder gar nicht kalkhaltig, oder sie haben ihr Kalkcarbonat nicht gleichzeitig mit dem Manganoxyd abgesetzt. In diesem Pyrolusit findet sich noch, wie im zersetzten Rhodonit und Bustamit, ein Theil der Kieselsäure des zersetzten Augits. Die Thonerde in erstem mag vom Augit oder vom Labrador herrühren; denn jener wird, wie aller Augit im Basalt, wohl thonerdehaltig sein. Der Rhodonit und Bustamit gehört aber zu den thonerdefreien Augiten; es kann sich daher in ihren Zersetzungsproducten auch keine Thonerde finden. Die Alkalien in unserm Pyrolusit können nur vom Labrador herrühren. Da der Rhodonit und Bustamit keine Alkalien enthalten, so können sie auch nicht in ihrem zersetzten Zustande vorkommen.

So ähnlich unser Pyrolusit diesen zersetzten Augiten ist, so ist doch ihre Entstehung gewifs sehr verschieden: jener ist, wie wir nachgewiesen haben, ein Absatz aus Gewässern, welche seine Bestandtheile aus dem Basalte extrahirt haben; diese sind umgewandelte Augite (558). Auf beiden Wegen können daher Mangansuperoxyde mit mehr oder weniger fremdartigen Beimischungen entstehen.

Die Zersetzung des Rhodonits in Pyrolusit und Braunit ist nicht selten. Der mit Rhodonit auf dem Rhodonit-Lager bei *Katharinenburg* *) verwachsene Manganit ist gewifs eben

*) G. Rose Reise nach dem Ural u. s. w. Bd. I. S. 162.

so entstanden; der beigemengte Quarz deutet wenigstens auf eine solche Zersetzung. Dieser Rhodonit scheint im Thonschiefer ein Lager zu bilden, und daher ein Zersetzungsproduct des Thonschiefers zu sein. Sollten auch andere Fundorte für eine Bildung auf nassem Wege sprechen: so würde auch dieser Kalk-Manganoxydul-Augit in die Classe des Diopsids, Malakoliths u. s. w. (S. 531) fallen.

Im Kapitel von den Erzgängen werden wir die Frage, ob in der Grube *Alte Birke*, so wie in anderen Gruben im *Siegen*'schen u. s. w. die Basaltgänge später, als die Erzgänge entstanden sind, der Beantwortung näher zu bringen suchen.

So viel bemerke ich vorläufig, dafs noch nach der Erfüllung der Gänge mit Basalt Gewässer geflossen sein müssen, welche Bleiglanz abgesetzt haben. Der Güte des Bergmeisters Marenbach verdanke ich nämlich die Mittheilung eines in Wacke umgewandelten Basalts aus einem Gange in der Grube *Crone* und *Carlsseegen* im *Siegen*'schen, in welchem Bleiglanz eingesprengt ist, der unmöglich gleichzeitig mit dem Basalte gebildet worden sein kann.

Die vorstehenden Untersuchungen führen auf einen schon früher abgehandelten Gegenstand, auf die Reihenfolge in den Absätzen der in Gewässern enthaltenen Carbonate zurück (Bd. I. S. 901 ff.). Dort hat sich das allgemeine Resultat ergeben, dafs sich aus kalten Quellen Eisenoxydhydrat früher und kohlensaure Kalkerde später absetzt, wenn auch das Kalkbicarbonat in viel grösserer Menge darin enthalten ist, als das Eisenoxydulbicarbonat. Der bei weitem gröfste Theil des kohlensauren Kalks kommt gar nicht zum Absatze, sondern wird den Bächen und Flüssen und mithin wohl gröfstentheils dem Meere zugeführt. Erst hier wird er durch organische Thätigkeit abgesetzt (Bd. I. S. 951). Die Oxydation des Eisenoxyduls ist mithin ein kräftigeres Mittel zur Ausscheidung von Eisenoxydhydrat, als die Verflüchtigung der Kohlensäure zur Ausscheidung von kohlensaurer Kalkerde.

Dieselben Verhältnisse haben sich in dem Basaltgange

der Grube *Alte Birke* ergeben. Nirgends finden wir Absätze von kohlensaurer Kalkerde, sondern nur von Eisenoxydhydrat und von Mangansuperoxyd. Die von zersetztem Basalt herrührende Kalkerde ist also gleichfalls gröfstentheils in das Meer geführt worden.

Aus gleichen Wirkungen schliefsen wir auf gleiche Ursachen. Eben so wie sich aus aufsteigenden und auf der Erdoberfläche abfliefsenden Mineralquellen, in Folge der Oxydation des Eisenoxyduls des Bicarbonats durch den atmosphärischen Sauerstoff, Eisenoxydhydrat abscheidet: so mufs sich auch der Brauneisenstein, den wir als Absatz im Basaltgange finden, durch dieselbe Oxydation abgeschieden haben. Atmosphärische Luft ist also gegenwärtig gewesen, die Gewässer sind nicht in geschlossenen Canälen geflossen, sondern nur an den Spaltenwänden herabgesickert; denn nur in diesem Falle konnten sie in Berührung mit der Luft gekommen sein. Was daher schon an sich entschieden war, dafs die Gewässer ihren Lauf von oben nach unten genommen haben, tritt durch diese Verhältnisse noch entschiedener hervor.

Die Analyse eines Sphärosiderits unter einem Ocherlager, der nur 3,26 Proc. kohlensaure Kalkerde enthielt, führte zu dem Schlusse, dafs das Eisen auch dann, wenn es sich als Carbonat absetzt, früher, als der kohlensaure Kalk abgeschieden wird (Bd. I. S. 904). Durchläuft man die zahlreichen Analysen von Eisenspath und Sphärosiderit bei Rammelsberg, so findet man entweder gar keine Kalkerde, oder höchstens nur 1,7 Proc. *). Dafs, wenn auch nicht alle, doch viele der Gewässer, aus denen diese Eisenoxydulcarbonate abgeschieden worden, kohlensaure Kalkerde enthalten haben, ist gewifs nicht zweifelhaft; da sich aber in den Spatheisensteinen Kalkerde entweder gar nicht, oder, mit seltenen Ausnahmen, doch nur in äufserst geringer Menge vorfindet: so beweiset diefs gleichfalls, dafs sich kohlensaures Eisenoxydul

*) Nur der krystallisirte Eisenspath von *Neudorf* bei *Harzgerode* enthält, nach Pieschel, (erstes Suppl. S. 139) 5,4 Proc. und der krystallisirte grüne Eisenspath vom *Altenberg* bei *Aachen*, nach Monheim, sogar 20 Proc. kohlensaure Kalkerde. Verhandl. des nat. Ver. d. pr. Rheinl. Jahrg. V. S. 39.

früher, als kohlensaure Kalkerde abscheidet. Auch im Sphärosiderit aus dem Basalte der Grube *Alte Birke* fand Schnabel, in Uebereinstimmung mit meiner Analyse (S. 805.) keine oder nur 0,08 Proc. Kalkerde *). Dafs die Gewässer, aus welchen sich diese Sphärosiderite abgesetzt haben, kalkhaltig waren, ergiebt sich aus dem, in den Zersetzungsproducten des Basalts fehlenden Kalkgehalte.

Geologen, welche sich von der Ansicht nicht trennen können, dafs, wenn nicht alle, doch die meisten, auf nassem Wege gebildeten Gangmassen Absätze aus aufsteigenden Quellen seien, werden die Eisenspathgänge als besonders beweisend für ihre Ansicht anführen. Kohlensaures Eisenoxydul kann sich nur aus Gewässern abscheiden, wenn die atmosphärische Luft ausgeschlossen ist. Dieser Ausschlufs findet aber, werden sie sagen, gerade bei aufsteigenden Quellen, die ihre Canäle ganz ausfüllen, statt, und je gröfser die Tiefe, aus der sie aufsteigen, desto mehr enthalten sie freie und halbgebundene Kohlensäure, welche, in Folge des verminderten hydrostatischen Drucks um so mehr entweicht, je höher die Gewässer aufsteigen. Sie werden sich auf das wirkliche Aufsteigen des Kohlensäuregases aus den Canälen der aufsteigenden Mineralquellen beziehen.

Aber gerade die Erscheinungen, welche wir bei aufsteigenden Mineralquellen wahrnehmen, sprechen entschieden gegen den Absatz von Eisenspath in den Canälen derselben. Seit undenklichen Zeiten sehen wir an denselben Stellen Mineralquellen aufsteigen, welche, wie z. B. die sämmtlichen in den Umgebungen des *Laacher-See's*, bei ihrem Abflusse auf der Oberfläche ungeheure Quantitäten von Eisenocher absetzen. Da ihre Canäle sehr eng sind, so hätten sie sich schon längst verstopfen müssen, wenn auch nur der millionste Theil von dem Eisen, welches sich auf der Oberfläche als Ocher ausscheidet, in den Canälen als Carbonat zum Absatze gekommen wäre. Aus dem Bohrloche zu *Neusalzwerk* (Bd. I. S. 885) wird durch die aufsteigende Soole in 142 Tagen so viel kohlensaures Eisenoxydul zu Tage gefördert, dafs das ganze 2210 F. tiefe und 4⅝ Zoll weite Bohrloch

*) Drittes Supplement. S. 112.

dadurch verstopft werden könnte. Das kohlensaure Eisenoxydul und die kohlensaure Kalkerde zusammen würden dieses Bohrloch schon in 6 Tagen ausfüllen. Setzte sich auch nur ein geringer Theil dieser Carbonate in dem Bohrloche ab: so würde sich dasselbe doch in einem verhältnifsmäfsig kurzen Zeitraume verstopfen. Die bisherigen Erfahrungen umfassen zwar nur einen Zeitraum von ungefähr einem Jahrzehend; sollte aber auch je eine Verstopfung eintreten: so dürfte doch die Zeit sehr fern liegen, wo ein Nachbohren nöthig werden würde, um der auf diese Soole gegründeten Badeanstalt ihren fernern Bedarf zu liefern.

Die bedeutenden Absätze, welche schon in den ersten fünf Jahren diese aufsteigende Soole in dem langen Abflufscanale gebildet hatte (Bd. I. S. 882), die zum Theil ungemein mächtigen Ocherlager, welche von den aufsteigenden Mineralquellen in den Umgebungen des *Laacher-See's* abgesetzt wurden (Bd. I. S. 901), der Sprudelstein in *Carlsbad* u. s. w. zeigen, was wir am Ausgehenden der Eisenspathgänge finden müfsten, wenn sie von aufsteigenden Quellen herrührten. Hat man aber jemals am Ausgehenden solcher Gänge Lager von Brauneisenstein oder von Kalksinter gefunden? —

Die Absätze aus heifsen, Kalk- und Eisenoxydul-haltigen Quellen bestehen gröfstentheils aus kohlensaurer Kalkerde mit nur untergeordneten Quantitäten von Eisenoxydhydrat, wie mehrere Analysen solcher Absätze (B. I. S. 882 ff.) zeigen*).

*) Der Absatz aus dem grofsen Soolsprudel zu *Nauheim*, einer 25°,6 R. warmen aufsteigenden Quelle, besteht, nach Bromeis und Ewald (Jahresbericht der Wetterauischen Gesellsch. f. d. ges. Naturkunde 1848. S. 77) aus

Eisenoxyd	49,86
Manganoxyd	0,40
Kohlensaurem Kalk	20,81
Kieselsäure	2,81
Wasser	23,53
Kochsalz und anderen im Wasser löslichen Salzen	2,59
	100,00

Hier findet sich zwar das Eisenoxyd als vorherrschender

Wären die Gewässer, welche Eisenspathgänge gebildet haben, aus bedeutenden Tiefen aufgestiegen, mithin mit mehr oder weniger erhöhter Temperatur zu Tage gekommen: so würden sie, wenn sie nicht völlig kalkfrei gewesen wären, gleichzeitig Absätze aus kohlensaurem Eisenoxydul und kohlensaurer Kalkerde gebildet haben (Bd. I. S. 913). Hätten solche Quellen nur, wie die Soole von *Neusalzwerk*, eine Temperatur von 27°,2 R. gehabt: so würden ihre Absätze schon viel mehr Kalk- als Eisenoxydulcarbonat enthalten haben. Von einer solchen Zusammensetzung ist aber noch kein Eisenspath gefunden worden.

Alle diese und die schon früher (Bd. I. S. 608, 886 u. 907 ff.) erörterten Verhältnisse sprechen demnach gegen die Ansicht, dafs Eisenspathgänge Absätze aus aufsteigenden Quellen seien. Setzt man dieser Ansicht noch den Umstand entgegen, dafs unerhörte Wassermengen aus solchen Spalten, welche Lachter mächtige Gänge bilden, aufgestiegen sein müfsten: so werden die Vertheidiger dieser Ansicht erwiedern, dafs die Spalten nicht in solcher Mächtigkeit von Anfang an offen gestanden, sondern dafs sie sich erst während der Ausfüllung nach und nach erweitert haben. Dieser Umstand, wonach die aufsteigenden Gewässer stets nur in engen Canälen geflossen sein würden, überhebt uns zwar des unbegreiflichen Ursprungs ungeheurer Wassermassen, welche in mächtigen und weit fortstreichenden Spalten aufgestiegen sein müfsten; er beseitigt aber auch die Schwierigkeit, sich den Absatz des Eisenoxydulcarbonats aus herabfliefsenden Gewässern in solchen Spalten, zu denen die atmosphärische Luft unbeschränkten Zutritt gehabt haben würde, zu denken. Sind es nämlich enge Spalten, in denen die Gewässer herabgeflossen sind, so war der Luftzutritt sehr be-

Bestandtheil, jedoch mit demselben gleichzeitig viel kohlensaurer Kalk. Es kann nicht fehlen, dafs die Menge dieses Carbonats um so weniger betragen müsse, je geringer die Temperatur der Quellen ist, da die ersten Absätze aus kalten Gewässern gar keinen kohlensauren Kalk oder doch nur Spuren davon enthalten. Damit stimmt überein, dafs die heifseste unter den Quellen, deren Absätze untersucht worden, der *Carlsbader* Sprudel, die gröfste Menge kohlensausen Kalk absetzt. (Bd. I. S. 889).

schränkt. Durch eine partielle Oxydation des Eisenoxyduls wurde der Sauerstoff absorbirt und der Absatz des Eisenoxydulcarbonats konnte dann ungehindert von Statten gehen. Der von Berzelius analysirte Sprudelstein (Bd. I. S. 890) zeigt indeſs, wie sich unter Umständen, wobei die völlige Oxydation des Eisenoxyduls zu erwarten wäre, gleichwohl mit dem Eisenoxyd eine bedeutende Menge von kohlensaurem Eisenoxydul abscheiden kann. Daſs auch organische Substanzen in den Gewässern die höhere Oxydation des Eisenoxyduls verhindern, davon war schon Bd. I. S. 909 und Bd. II. S. 782. die Rede *).

Ueberhaupt dürfen wir nicht vergessen, daſs das Zusammenwirken verschiedener Umstände die chemischen Wirkungen im Mineralreiche eben so sehr modificirt, wie in unsern Laboratorien. Wir finden in einer Spalte Eisenspath, in einer andern Brauneisenstein oder Mangansuperoxyd. Dort war entweder der Zutritt der Luft ausgeschlossen oder es waren organische Substanzen vorhanden, welche die höhere Oxydation verhinderten. Hier muſsten gerade die entgegengesetzten Verhältnisse stattgefunden haben. Wir müssen zufrieden sein, wenn es gelingt, verschiedene Ursachen aufzufinden, welche dieselbe Wirkung herbeiführen. Welche in jedem einzelnen Falle wirksam waren, dieſs nachzuweisen ist nicht immer möglich.

Obgleich wir schon im ersten Bande dieses Werkes (a. a. Orten) gezeigt haben, daſs sich Absätze von Eisen- und Manganerzen in Gängen nicht aus aufsteigenden Quellen erklären lassen: so tauchte doch diese Ansicht, in Beziehung auf die Achate in

*) Schon Döbereiner führt an, daſs der Eisenspath in der Hitze neben Kohlensäure Kohlenoxydgas entwickelt. Glasson (Ann. d. Chem. und Pharm. Bd. LXII. p. 89) fand dasselbe. Beim Erhitzen des Sphärosiderit-haltigen Basalts aus der Grube *Alte Birke* entwickelte sich gleichfalls Kohlenoxydgas (S. 800). In allen diesen Fällen scheint die Gegenwart von kohlenstoffhaltigen Substanzen die Ursache dieser Kohlenoxydgas-Entwicklung zu sein; wir können wenigstens keine andere Ursache finden. Dieser Umstand spricht also sehr dafür, daſs organische Substanzen es waren, welche beim Absatze des kohlensauren Eisenoxyduls die oxydirende Wirkung des atmosphärischen Sauerstoffs verhinderten.

den Drusenräumen des Mandelsteins, neuerdings wiederum auf. Heifse kohlensäurehaltige Quellen, welche nach der Bildung des noch heifsen oder auch bereits erkalteten Melaphyrs auf den Spalten desselben hervorbrachen, sollen es gewesen sein, aus welchen sich die Achate gebildet haben *).

Eine einseitige Betrachtung der quarzigen Absätze kann eben so wenig, als die Nichtbeachtung chemischer und physikalischer Verhältnisse zur richtigen Erklärung ihrer Bildung führen. Man mufs fragen, was sich aus heifsen und was sich aus kalten Gewässern absetzt, und man wird darauf Bd. I. S. 877 ff. genügende Antwort erhalten. Hat man die Verschiedenheit der Absätze je nach der Temperatur der Gewässer erkannt, so wird man bald sehen, ob die Absätze in den Drusenräumen der Mandelsteine aus heifsen oder aus kalten Quellen entstanden sein können. Findet man, wie im angeführten Aufsatze ausdrücklich bemerkt wird, den Kalkspath meist als letztes Gebilde in den, mit quarzigen Lagen bis zu einer gewissen Dicke ausgebildeten Mandeln: so hätte man zur Einsicht kommen sollen, dafs von Absätzen aus heifsen Quellen gar nicht die Rede sein kann; denn die *Carlsbader* Sprudelsteine zeigen ja, was sich aus heifsem Wasser zuerst absetzt. Man wird nicht erwiedern wollen, dafs sich in den engen Canälen und Räumen die Kohlensäure nicht verflüchtigen, mithin kein Absatz von Kalkcarbonat erfolgen konnte;

*) Ueber die Achatmandeln in den Melaphyren. Sendschreiben an Haidinger von Nöggerath in den naturwissensch. Abhandlungen Bd. III. Abth. I. S. 93. — Vielleicht habe ich selbst Anlafs zu der oben widerlegten Ansicht in meiner Abhandlung über die Entstehung der Quarz- und Erzgänge (n. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1844. S. 288) gegeben. So lange wir in unserer Erkenntnifs der Dinge fortschreiten, werden wir frühere Ansichten zu berichtigen finden. Durch die Bearbeitung dieses Werkes bin ich mit vielen neuen Thatsachen vertraut geworden, und früher gekannte haben zu neuen Schlüssen geführt. Viele Thatsachen sprechen für die Absätze in Spalten und Drusenräumen aus niedergehenden Gewässern; keine kann ich auffinden, die auf aufsteigende Quellen schliefsen lassen. So lange, als solche Thatsachen nicht vorliegen, kann ich keine Ausnahme von der Regel zulassen.

denn durch dieselben Canäle, in welchen das beliebte, heifse Wasser aufgestiegen sein sollte, hätte auch, in Folge des abnehmenden hydrostatischen Druckes, die freie und halbgebundene Kohlensäure entweichen können. Und der später wirklich erfolgte Absatz des Kalkcarbonats würde ja die wirkliche Entweichung dieser Kohlensäure nachweisen. Nehmen wir aber selbst für einen Augenblick an, durch unbekannte Umstände sei diese Entweichung verhindert worden: so mufs man fragen, wohin ist denn der kohlensaure Kalk gekommen, welchen gewifs die ersten, wie die letzten aufsteigenden Gewässer mit sich geführt haben? — Völlig ungenügend würde die Annahme sein, dafs die ersten Gewässer keinen kohlensauren Kalk enthalten hätten; denn die vorausgesetzten „heifsen kohlensäurehaltigen Quellen" würden beim Aufsteigen durch den Melaphyr, durch ein Gestein, welches reich an Kalksilicaten ist, durch Zersetzung derselben vollkommen mit kohlensaurem Kalke gesättigt worden sein. Kann man also kohlensauren Kalk, den die aufsteigenden und überfliefsenden heifsen Mineralquellen abgesetzt haben müfsten, nicht in Kalksinterlagen auf dem Mandelsteingebirge nachweisen, wie man ihn überall nachweisen kann, wo solche Quellen ihren Abflufs genommen haben: so mufs man zur Einsicht kommen, dafs man sich auf einem Irrwege befindet. Dafs diese Lager bei weitem mehr kohlensauren Kalk hätten enthalten müssen, als aller Kalkspath in den Drusenräumen zusammengenommen, ist von selbst klar.

Wie endlich das Aufsteigen von heifsen Gewässern in einem ganzen Mandelsteingebirge durch Spalten und durch Drusenräume gedacht werden könne, wo sich die drückenden Wassersäulen befunden hätten, wenn dieses Gebirge nicht von andern überragt wird, wie sich überhaupt eine solche Erscheinung mit hydrostatischen Gesetzen vereinigen läfst, vermögen wir nicht einzusehen. Warum versucht man es noch immer, die alten Zustände der Geologie, wo es gestattet war und oft Bewunderung erregte, wenn die Erklärungen nur recht von bestehenden Verhältnissen abwichen, heraufzubeschwören? —

Durch Widerspruch kommt man häufig zur Wahrheit, aber nicht, wenn man gegen Thatsachen anstöfst; aus einem solchen Widerspruche kann die Wissenschaft nie Gewinn ziehen. Bei Bearbeitung dieses Werkes ist in uns schon oft die

Furcht aufgestiegen, dafs wir in der Bekämpfung irriger Ansichten, worauf wir wiederholt zurückgeführt werden, Ueberdrufs bei vielen unserer Leser erregen müssen. Es scheint aber, dafs wir für manche Leser noch lange nicht ausführlich genug gewesen sind; daher diese Ergänzung.

Eine grofse Zahl vorliegender Drusen aus den Basaltbrüchen bei *Ober-Cassel*, *Bonn* gegenüber, zeigt recht deutlich, dafs die Einschlüsse durch Infiltration kalter Gewässer entstanden sind. Stets sind Kalkspath oder Arragonit die jüngeren, und Sphärosiderit oder Eisenoxydhydrat die älteren Bildungen. Dieses kleidet die Drusenräume aus, und den Contouren derselben folgend, bildet es die äufsere Kruste der Einschlüsse. Der Sphärosiderit erscheint, wie der Kalkspath, in kugeligen schaaligen Formen. Die eingedrungenen Gewässer setzten daher zuerst Eisenoxydhydrat, darauf Sphärosiderit und auf diesen kohlensauren Kalk ab. Fehlt der Sphärosiderit, so liegt der kohlensaure Kalk unmittelbar auf dem Eisenoxydhydrat. Erst nachdem sich das Eisen abgesetzt hatte, schied sich aus den Gewässern der kohlensaure Kalk ab. Die chemische Analyse dieses Carbonats weiset nur Spuren von Eisenoxydul und Magnesia nach; die Gewässer waren also fast eisenfrei, als aus ihnen der kohlensaure Kalk abgeschieden worden war. Manchmal hat dieser jedoch einen gelben Ueberzug von Eisenoxydhydrat: zum Beweise, dafs aus später einfiltrirenden Gewässern wiederum dieselbe Reihenfolge der verschiedenen Absätze begann. Wären es heifse Gewässer gewesen, aus denen diese Absätze entstanden sind, so würde kohlensaurer Kalk mit Eisenoxydhydrat der erste Absatz gewesen sein.

Aehnlichen Verhältnissen begegnen wir in den Ausfüllungen der Mandeln in den Melaphyren der *Nahe*-Gegend. Die meisten dieser Drusenräume sind gleichfalls blofs mit Kalkspath erfüllt, und dann findet sich gewöhnlich an den Wänden derselben ein Absatz von Grünerde *). Wenn auch diese unzweifelhaft aus Augit entstehen kann (Bd. I. S. 808), so ist es doch wahrscheinlicher, dafs sie in diesen Drusenräumen von den ersten Absätzen aus den Gewässern und nicht

*) A. a. O. S. 5.

vom angrenzenden Augit herrührt. In diesem Falle würde also auch hier der Absatz des Eisens dem der kohlensauren Kalkerde vorhergegangen sein; nur dafs es sich als Silicat abgeschieden hätte.

Ein Drusenraum erregte meine besondere Aufmerksamkeit. Auf einer quarzigen Rinde von Papierdicke, welche den ganzen Drusenraum auskleidete, befand sich eine gleich dünne Rinde von Eisenoxydhydrat, auf diesem gelblichbrauner kugeliger Sphärosiderit, und darauf weifser Kalkspath, der sich wie ein Brückenbogen über jenen spannte, und am anderen Ende auf jenen Rinden auflag. Unmöglich kann man sich eine solche Bildung als Absatz aus aufsteigenden Gewässern, die doch nothwendig den ganzen Drusenraum hätten erfüllen müssen, denken *). Wohl aber ist zu begreifen, wie herabtropfende Gewässer eine solche Kalkspathbrücke bilden konnten; denn wir sehen in den Stalactiten der Kalkhöhlen ganz ähnliche Bildungen. Es fiel mir auf, dafs sich jener Sphärosiderit schon in kalter Salzsäure unter lebhafter Kohlensäureentwicklung auflöste, was beim reinen Sphärosiderit nicht geschieht. Diefs veranlafste mich, ihn zu analysiren. Seine Zusammensetzung war:

Kohlensaures Eisenoxydul . .	56,06
Kohlensaures Manganoxydul .	14,79
Kohlensaure Kalkerde	14,01
Kohlensaure Magnesia	15,14
	100,00 **)

Hier hatten sich also mit dem Eisenoxydulcarbonat auch andere Carbonate abgesetzt: da aber jenes der überwiegende

*) Oder sollte man vielleicht die Quarze in den Drusenräumen aus früher aufgestiegenen heifsen Quellen, und die Carbonate aus später niedergegangenen kalten Tagewassern entstehen lassen? — Eine solche wunderliche Erklärung würde freilich nicht ohne Beispiel im Gebiete der Geologie sein; sie würde sich aber, wie alle ähnliche Erklärungen, bei nüchternen Naturforschern schwerlich Eingang verschaffen können.

**) Dieser Sphärosiderit ist in seiner Zusammensetzung den oben (S. 813. Anm.) angeführten beiden Eisenspathen ähnlich.

Bestandtheil ist, so kann der Absatz nicht aus heifsem Wasser erfolgt sein.

Der weifse Kalkspath auf diesem Sphärosiderit enthielt noch Spuren von Eisenoxydul und Magnesia.

Es kann gar nicht bezweifelt werden, dafs die ersten in den Drusenraum filtrirenden Gewässer reicher an Eisen und Mangan waren, als die letzten; keineswegs brauchten aber diese mehr Kalk als jene enthalten zu haben. Die Absätze in Drusenräumen aus Gewässern, welche durch basaltisches Gestein sickern, erfolgen gewifs auf dieselbe Weise, wie die Absätze aus Quellen, welche auf der Oberfläche fliefsen; nur mit dem Unterschiede, dafs sich dort Eisen und Mangan auch als Carbonate abscheiden können, während sie sich hier als Oxydhydrate absetzen. Die Gewässer, welche in die ersten Drusenräume von oben herab kommen, setzen in diesen den gröfsten Theil ihres Eisens und Mangans und weniger von ihrer Kalkerde und Magnesia, manchmal vielleicht gar nichts von diesen Erden ab. Haben sie aber auch, wie im obigen Sphärosiderit, eine nicht unbedeutende Menge von Kalk- und Magnesia-Carbonat abgesetzt: so bleibt davon doch noch mehr in Auflösung, als sie abgesetzt haben; denn es gehört gewifs zu den grofsen Seltenheiten, dafs die durch basaltisches Gestein sickernden Gewässer mehr Eisenoxydul als Kalkerde und Magnesia aufnehmen. In den Säuerlingen ist wenigstens das Eisenoxydul stets nur ein kleiner Bruchtheil von diesen Erden. Die Gewässer, aus welchen sich in den ersten Drusenräumen der gröfste Theil ihres Eisens und Mangans abgeschieden hat, setzen daher in tiefer gelegenen Drusenräumen mehr von den Erden und weniger von den Oxyden ab. Je weiter sie ihren Weg fortsetzen, desto freier werden ihre Absätze von Eisen und Mangan, und zuletzt scheidet sich aus ihnen Kalkspath ab, der nur noch Spuren davon enthält.

Beim Absatze der Carbonate wird aber die Hälfte der Kohlensäure der Bicarbonate frei; die damit beladenen und fortsickernden Gewässer vermögen daher wieder neue Quantitäten von Basen aus dem Gesteine aufzulösen. Sie nehmen um so mehr Eisen und Mangan auf, je mehr sie davon in früheren Drusenräumen abgesetzt haben, und das aufgenom-

mene kommt in späteren Räumen, welche sie durchfliefsen, abermals zum Absatze. So geschieht es, dafs dieselben Gewässer, durch abwechselndes Auflösen und Abscheiden, in allen Drusenräumen, in welche sie gelangen, Eisen- und Mangancarbonat oder, je nach den Umständen, Eisenoxyd- und Manganoxydhydrat absetzen. Erst dann kommt das Kalk- und Magnesiacarbonat zum Absatze, wenn sie kein Eisen und Mangan mehr auflösen, sei es, dafs diese Basen völlig aufgezehrt, oder dafs dieselben im Gesteine zu Oxyden geworden sind.

Diese Vorgänge, zu denen wir durch Betrachtung der chemischen Verhältnisse gekommen sind, stimmen mit dem oben erwähnten Umstande, dafs die Eisenabsätze in den Drusenräumen stets den Kalkabsätzen vorhergehen, vollkommen überein. Wo aber Theorie und Erfahrung im Einklange sind, kann jene nicht falsch sein. Die normalen Verhältnisse können jedoch durch Vorgänge anderer Art modificirt werden.

Blum *) beschreibt Pseudomorphosen von Eisenspath nach Kalkspath in Drusenräumen des Anamesits, worin auch nicht selten Sphärosiderit angetroffen wird. Auch Fridolin Sandberger **) führt solche Pseudomorphosen an. Die Thatsache, dafs Gewässer, welche Eisen- und Kalkcarbonate gleichzeitig enthalten, jenes früher als dieses absetzen, zeigt schon die Möglichkeit, dafs der Kalkspath durch Eisenspath verdrängt werden könne. Da das Wasser eine gröfsere Neigung hat, kohlensauren Kalk aufgelöst zu halten, als kohlensaures Eisenoxydul: so nimmt es jenen auf und setzt dagegen dieses ab (Bd. II. S. 194). Haben also Gewässer in einem Drusenraume früher Kalkspath abgesetzt, und kommen in denselben später andere Gewässer, welche mit kohlensaurem Eisenoxydul gesättigt sind: so begreifen wir, wie jener fortgeführt und dieses abgeschieden werden kann. Diese Gewässer können gleichwohl neben dem kohlensauren Eisenoxydul kohlensauren Kalk enthalten, und doch wird der Austausch erfolgen; denn die halbgebundene Kohlensäure im Eisenoxydulbicarbonat ist es, welche sich auf den Kalkspath wirft und

*) Die Pseudomorphosen u. s. w. S. 304.

**) Ueber d. geognost. Verh. von Nassau S. 102.

ihn auflöst, während sich jenes, zu einfachem kohlensauren Eisenoxydul reducirt, absetzt. Weil in diesem Wasser der kohlensaure Kalk zugenommen hat, so wird es, in einen tiefer gelegenen Drusenraum filtrirend, um so leichter Kalkspath und zwar einen eisenfreien absetzen. Der Eisenspath hat das spec. Gewicht 3,75, der Kalkspath dagegen nur 2,69. Wird daher dieser durch jenen verdrängt, so nimmt, wenn die verdrängende Masse der verdrängten gleich ist, das Volumen ab: es entstehen leere Räume. Diefs ist auch in Uebereinstimmung mit jenen Pseudomorphosen von Eisenspath nach Kalkspath, welche im Innern theils hohl, theils noch mehr oder weniger mit Kalkspath erfüllt sind.

Ist durch eine solche pseudomorphe Bildung von Eisenspath nachgewiesen, dafs dieser in den Drusenräumen auch als jüngste Bildung, und sogar auf Kalkspath sitzend, auftreten kann: so wird dadurch das allgemeine Gesetz, dafs die Eisenabsätze den Kalkabsätzen vorhergehen, nicht beeinträchtigt. In Drusenräumen, wo wir diese Folge der Absätze nicht finden, haben wir daher stets unsere Aufmerksamkeit darauf zu richten, ob nicht pseudomorphe Bildungen statt gefunden haben. Da indefs die Gewässer nicht immer an die Stelle eines fortgeführten Minerals ein anderes absetzen: so kann auch dieser Umstand die gesetzmäfsige Folge der Bildungen stören. So rührt die von v. Dechen angeführte Erscheinung, dafs in den *Nahe*-Gegenden die Mandelsteine in den tiefen Thaleinschnitten gewöhnlich mit Kalkspath erfüllt sind, wenn auch die Drusenräume auf den höhern Puncten leer sind, (eine Erscheinung, die sich auch in anderen Gegenden wiederholt) wahrscheinlich davon her, dafs die Gewässer aus diesen den früher abgesetzten Kalkspath wieder fortgeführt, aber nichts dagegen abgesetzt haben.

Zu den vorstehenden Bemerkungen sind wir durch die nachgewiesene Reihenfolge der gewöhnlichen Absätze aus Gewässern geführt worden. Wir haben gesehen, dafs sich aus kalten Gewässern zuerst Eisen und Mangan, und hierauf kohlensaurer Kalk abscheiden. Wir haben es unentschieden lassen müssen, ob das Manganoxyd oder das Eisenoxyd früher abgesetzt werden (S. 806). Es wäre daher wohl der Mühe werth, die Absätze aus kalten eisenhaltigen Quellen in ver-

schiedenen Entfernungen von denselben zu analysiren, um aus den relativen Verhältnissen des Eisen- und Manganoxyds zu ermitteln, welches von beiden sich früher abscheidet.

Dafs sich das Eisen vom Mangan nicht immer in verschiedene Absätze sondert, zeigt der häufige Mangangehalt der Eisenerze. Der Sphärosiderit aus dem Basalte der Grube *Alte Birke* enthält, nach Schnabel *), neben 43,59 Proc. Eisenoxydul 17,87 Proc. Manganoxydul. Hieraus ergiebt sich, dafs der von mir gefundene bedeutende Mangangehalt im Basalte (S. 799) hauptsächlich von seinem Sphärosiderit herrührt. In diesem hat sich daher beim ersten Umwandlungsprocesse des ursprünglichen Basalts das Mangan concentrirt. Berücksichtigt man, dafs sich nur noch in der Wacke eine geringe Menge Mangan, im Wackenthon aber nichts mehr davon findet: so wird es sehr wahrscheinlich, dafs das Mangansuperoxyd im Pyrolusit gröfstentheils vom Sphärosiderit herrührt. Der früher von Gewässern im Basalte abgesetzte Sphärosiderit ist also bei der Umwandlung des ersteren in Wackenthon wieder von Gewässern fortgeführt, aber nicht mehr als Carbonat, sondern in Eisenoxydhydrat und Mangansuperoxyd gesondert, abgesetzt worden (S, 805 und 806).

Diefs ist ein merkwürdiges, und keineswegs auf den vorstehenden einzelnen Fall sich beschränkendes Verhältnifs. Kaum giebt es einen Eisenspath, der ganz frei von Mangan wäre, wie die zahlreichen, namentlich von Karsten **) und Schnabel ***) ausgeführten Analysen zeigen. In den meisten tritt es sehr bedeutend hervor und steigt in dem Eisenspath von *Ehrenfriedersdorf*, nach Magnus, bis auf 25,3 Proc. Das Eisen- und Manganoxydul scheiden sich also aus Gewässern zu Doppelsalzen ab; bekanntlich haben beide auch gleiche Krystallgestalt †). So wie sich aber diese Oxydule

*) Rammelsberg's drittes Supplement S. 112.

**) Archiv Bd. IX. S. 220.

***) Rammelsberg's viertes Suppl. S. 209.

†) Für den Eisenhütten-Procefs ist es von grofser Wichtigkeit, dafs sich mit dem kohlensauren Eisenoxydul das kohlensaure Manganoxydul absetzt; denn der Gehalt des letzteren im Eisenspath ist es bekanntlich, wefshalb dieses Erz ein stahlartiges Eisen giebt.

bei ihrer Abscheidung höher oxydiren, tritt eine Sonderung ein.

Rammelsberg *) bemerkt bei Gelegenheit zweier Analysen von Brauneisenstein von grofsem Mangangehalte, (9—17 Proc.) dafs dieser sonst in Brauneisensteinen nur gering ist, wie diefs auch die Analysen derselben zeigen. Wenn auch nicht immer, so ist doch gewifs der Brauneisenstein meist aus Eisenspath hervorgegangen. Bei dieser Umwandlung wurde also das kohlensaure Manganoxydul gröfsten Theils fortgeführt, und dieser Umstand läfst schliefsen, dafs das Eisenoxydulcarbonat früher als das Manganoxydulcarbonat durch höhere Oxydation zersetzt wird. Ohne Zweifel ist es die durch diese Zersetzung frei werdende Kohlensäure des Eisenoxydulcarbonats, welche das Manganoxydulcarbonat auflöst und fortführt. In den Drusenräumen des Brauneisensteins finden wir es wieder.

Verfolgt man auch nur mit einiger Aufmerksamkeit die im Mineralreiche von Statten gehenden Processe, und die Kap. IV bis IX geben hierzu vielen Stoff: so möchte man fast glauben, die Natur sei beim Chemiker in die Schule gegangen. Wie der Chemiker bei der Analyse, so verfährt die Natur bei der Zerlegung der Gesteine; nur dafs dieser nicht so viele Scheidungsmittel zu Gebote stehen, wie jenem. So wie jener die Analyse mit der Auflösung beginnt und durch Fällungsmittel einen Bestandtheil nach dem andern ausscheidet: so verfährt auch diese, nur mit dem Unterschiede, dafs es dem Chemiker meist gelingt, mit einem Male den zusammengesetzten Körper in Auflösung zu bringen, während die Natur lange Zeiträume dazu braucht und es selten erreicht, das Ganze ohne Rückstand aufzulösen.

Wundern mufs man sich, dafs nicht schon längst diese Analogie zwischen den Processen der Kunst und der Natur erkannt, und dafs nicht schon längst die Aehnlichkeit in den Processen der Analyse auch in denen der Synthese nachgesucht worden ist. Die Ursache lag aber darin, dafs die Che-

*) Handwörterbuch. Erstes Suppl. S. 29.

miker ihre Mitwirkung zur Begründung einer auf soliden Fundamenten ruhenden Geologie blofs auf die Analysen von Mineralkörpern beschränkten, und die Beantwortung der Frage, wie sind diese gebildet worden, fast ausschliefslich den Mineralogen und Geognosten überliefsen. Wenn diese nicht selten zu Extravaganzen kamen: so trifft nicht sie allein, sondern auch die Chemiker, welche es versäumten, auf den rechten Weg zu lenken, der Vorwurf. Allerdings gehörte einiger Muth dazu, den Ausschweifungen der in letzterer Zeit herrschenden Schule mit Nachdruck entgegen zu treten, und selbst das Urtheil, wie weit die Processe in unsern Laboratorien maafsgebend für die in der Natur sein können, der Chemie zu vindiciren.

Die Chemie der unorganischen Körper eilte in ihrer Ausbildung der der organischen Körper, der Natur der Sache nach, weit voraus. Es wäre daher zu erwarten gewesen, dafs diese Wissenschaft weit eher in das Gebiet der Geologie, als in das der Physiologie eingegriffen hätte. Die analytische Mineralchemie war schon zu Klaproth's Zeiten so weit ausgebildet, dafs sie den Versuch hätte wagen können, den Processen, wodurch Mineralkörper zersetzt und gebildet werden, nachzuforschen. Wir dürfen auch nicht verkennen, dafs Klaproth in einzelnen Fällen diesen Weg und nicht ohne Erfolg eingeschlagen hat. Es blieb aber bei diesen Versuchen: die Chemiker nach ihm räumten während einer langen Reihe von Jahren den Geognosten das Feld; ja mehrere, und darunter nicht die am wenigsten hervorragenden, beugten sich vor den Aussprüchen der letzteren.

Zu der Zeit, wo die analytische Mineralchemie schon festen Fufs gefafst hatte, war die Analyse der organischen Substanzen noch in ihrer ersten Kindheit. Erst mit der Elementaranalyse kam diese zur eigentlichen Existenz. Nichts desto weniger griff schon vor dieser Zeit die organische Chemie in die Physiologie ein, und schon längst haben aufgeklärte Physiologen und Landwirthe eingesehen, dafs ohne sie kein Heil für ihre Wissenschaften zu erwarten ist.

Ein ausgezeichneter Geognost, der vor vielen anderen die Wichtigkeit und Unentbehrlichkeit der Chemie für die

Geogenie vollkommen anerkennt *), sagt mit Recht, dafs die Chemie Vieles von der Geognosie lernen kann. Es ist unzweifelhaft, dafs die Chemie, ohne die Untersuchungen der Mineralogen und Geognosten ebenso wenig eine Geogenie, wie ohne die Untersuchungen und Erfahrungen der Physiologen und Landwirthe, eine Physiologie und Agriculturchemie schaffen kann. Dort, wie hier, ist das Zusammenwirken mehrerer Wissenschaften erforderlich, um das Ziel zu erreichen. Aber gerade in der Geologie glaubte man sich in einer, noch nicht weit hinter uns liegenden Zeit dem Studium der Chemie entheben zu können, oder man unternahm es wenigstens, mit dürftigen chemischen Kenntnissen, aber ausgerüstet mit einer lebhaften Phantasie geologische Gebäude aufzuführen. Das Heer der Nachbeter wuchs, und mit ihnen die Zahl kritikloser Werke, die noch buntscheckiger, als die ihnen beigefügten illuminirten geognostischen Karten mancher, an vielfachem Wechsel von Gebirgsarten reichen Gegenden waren. Wer kann aber verkennen, dafs selbst in solchen Werken, welche für das Genetische ohne Bedeutung sind, ein reicher Schatz von Erfahrungen niedergelegt ist? — Wer kann es unbeachtet lassen, dafs namentlich in neuester Zeit viele treffliche Geognosten, wenn auch meist mit einiger Schüchternheit und mit allzu grofser Pietät gegen Autoritäten auftraten, und die Schwächen der herrschenden Schule aufdeckten? — Je mehr diese Schüchternheit abnimmt und je mehr der Muth wächst, sich von unhaltbaren Hypothesen zu emancipiren, desto klarer wird man sehen, und desto mehr wird der Werth geognostischer Untersuchungen steigen.

Wir suchen schliefslich den schon S. 601 versprochenen Ueberblick von dem, in den Kapiteln IV. bis IX. Abgehandelten zu gewinnen. So mannichfaltig auch die Umwandlungsprocesse des Augits und der Labradorgesteine sind, mannichfaltiger als bei irgend einem andern Gesteine: so lassen sich doch einfache Gesetze erkennen, denen diese Processe folgen. Wir sehen, wie der Augit

*) Naumann in seinem trefflichen Lehrbuche der Geognosie. Bd. I. S. 422.

1) durch Austausch seiner Kalkerde gegen Magnesia verschiedenen Umwandlungsprocessen unterliegt (S. 705 und 717). Diefs hat er gemein mit andern Kalksilicat-haltenden Fossilien (Wernerit, Granat und Vesuvian).

Bei der Umwandlung der Augite in Uralit (S. 540) und in Asbest (S. 549) nimmt die Kalkerde ab und die Magnesia zu; jene wird daher gegen diese ausgetauscht. Durch einen solchen Austausch kann auch ein Uebergang der Augite in Diallag, Bronzit und Hypersthen (S. 603 und 612) gedacht werden, obwohl damit nicht behauptet werden soll, dafs diese Mineralien nur umgewandelte Augite seien.

Beim Asbest kann der Austausch bis zum Verschwinden der Kalkerde gehen, so dafs sich die Zusammensetzung kaum von der eines stark eisenhaltigen Specksteins unterscheidet (S. 548). Ebenso sinkt in den Bronziten die Kalkerde bis auf ein Minimum herab oder verschwindet auch ganz, wodurch die Zusammensetzung derselben gleichfalls mit der eines stark eisenhaltigen Specksteins ziemlich nahe übereinstimmt (S. 604).

Wird nicht blofs die Kalkerde gegen Magnesia ausgetauscht, sondern werden auch die übrigen Basen der Augite ganz oder bis auf Minima fortgeführt: so erfolgt die gänzliche Umwandlung in Speckstein (S. 551).

Ein Procefs derselben Art ist die Umwandlung der Augite in Serpentin (S. 550); nur mit dem Unterschiede, dafs eine viel gröfsere Menge Magnesia, wie bei der Umwandlung in Speckstein, aufgenommen wird. Uebrigens bewahren der Serpentin, wie der Speckstein, noch kleine Ueberreste anderer Basen, jener sogar häufig Kalkerde.

Bei allen diesen durch Austausch der Magnesia gegen Kalkerde erfolgenden Umwandlungen wird Wasser aufgenommen, welches im Serpentin in gröfster Menge hervortritt.

2) Die Augite können alle ihre mit Kohlensäure mischbaren Basen bis auf geringe Ueberreste verlieren, wenn diese Säure als Zersetzungsmittel wirkt.

Eine solche Zersetzung zeigt sich bei der Umwandlung der Augite in Cimolit (S. 554). Wirken aufser der Kohlensäure noch andere Säuren ein, so wandeln sich die Augite in Kieselsäurehydrat um (S. 556).

3) Die Zersetzung des Kalk-Manganoxydul-Augits in

Braunit und Pyrolusit (S. 557) zeigt, wie mit der Kalkerde und Magnesia gleichzeitig die Kieselsäure ausgeschieden wird.

4) Die Augite können auch mit theilweiser Ausscheidung der Kalkerde in Hornblende und Granat, oder in Hornblende und Mangneteisen zerfallen, und diese Zersetzung scheint nur durch Einwirkung von Kohlensäure und Sauerstoff zu erfolgen (S. 568).

5) Die Kalkerde in den Augiten wird auch gegen Alkalien ausgetauscht und dadurch in Kalkcarbonat umgewandelt, wie die Grünerde in Formen von Augit zeigt (S. 562). Dadurch ist auch die Möglichkeit einer Umwandlung der Augite in Glimmer gegeben (S. 561).

Wenn der Augit so mannichfaltigen, meist durch Pseudomorphosen nachgewiesenen Zersetzungsprocessen unterliegen kann: so ist nicht zu zweifeln, dafs die augitische Grundmasse in augitischen Labradorgesteinen denselben Zersetzungsprocessen unterworfen ist. Hier treten aber, wegen Gegenwart des Labradors und anderer Fossilien verwickeltere Verhältnisse ein. Da jedoch auch der Labrador, seines Kalkgehaltes wegen, dem allgemeinen Gesetze Kalksilicat haltender Fossilien unterworfen ist (S. 650): so ist begreiflich, wie dieses Fossil und der Augit in ihrer Zersetzung nahe dieselbe Richtung nehmen können. Wenn gewifs in den meisten Fällen die Kalksilicate beider Fossilien durch Kohlensäure-haltige Gewässer zersetzt werden: so zeigt doch der, obwohl nur geringe Magnesiagehalt in verschiedenen Labrador-Varietäten die Möglichkeit, dafs auch in diesen, wie in den Augiten, ein theilweiser Austausch der Kalkerde gegen Magnesia statt finden kann.

6) Ein untrügliches Kennzeichen der schon begonnenen Veränderung eines augitischen Labradorgesteins ist der Wassergehalt. Da es wohl kaum einen Melaphyr, einen Basalt u. s. w. giebt, der nicht chemisch gebundenes Wasser enthält (S. 589. 618. 641.): so kann es auch keine ganz unveränderte augitische Labradorgesteine geben. Selbst die Laven können wir nicht für solche nehmen; denn sind sie auch fast wasserfrei *), enthalten sie aber Einschlüsse in Drusenräumen:

*) Girard fand in einer grofsen Zahl von Laven im Mittel 0,15

so haben auch in ihnen schon Zersetzungsprocesse begonnen. Wasser, welches wir aus irgend einem Gesteine im siedenden Wasserbade forttreiben, ist in der Regel nicht chemisch gebunden; nur einige Zeolithe, wie der Laumontit, welche schon in gewöhnlicher Temperatur ihr chemisch gebundenes Wasser verlieren, machen eine Ausnahme von dieser Regel. Verliert ein augitisches Labradorgestein schon im siedenden Wasserbade sein Wasser: so können in ihm die gewöhnlichen Zersetzungsproducte, wie Eisenoxydhydrat, Magnesiasilicathydrat (Speckstein, Serpentin, Chlorit) Kaolin, Zeolithe u. s. w. nicht vorhanden sein. In den augitischen Laven können wir also die Gegenwart solcher Zersetzungsproducte nicht oder fast nicht vermuthen. Das hygroskopische Wasser leitet aber den Zersetzungsprocefs ein. Einem augitischen Labradorgesteine kann daher schon viel Kalkerde, ja schon Eisenoxydul entzogen worden sein, in seinen Drusenräumen können sich sogar schon wasserhaltige Fossilien (Zeolithe) abgesetzt haben, ohne dafs in seiner Masse Hydrate gebildet worden sind. Und wer kann zweifeln, dafs die ersten Gewässer, welche einen bereits bis unter 80° R. erkalteten Lavastrom durchdringen, schon mehr oder weniger mit Stoffen beladen abfliefsen? — Absolut unverändert kann daher ein augitisches Labradorgestein, wenn wir seine Bildung auf feuerflüssigem Wege voraussetzen, nur so lange gedacht werden, als seine Temperatur noch nicht unter den Siedepunct des Wassers herabgekommen ist.

Steigt der Wassergehalt in den Melaphyren, so verlieren sie schon ihren ursprünglichen Charakter und schliefsen dann etwas kohlensaure Kalkerde und Chlorit ein (S. 649).

Weitere Merkmale der schon begonnenen Veränderung augitischer Labradorgesteine sind:

7) das Brausen mit Säuren, welches vorzugsweise von gebildetem Kalkspathe und, wenn es erst in der Wärme statt hat, von Sphärosiderit herrührt. Nur selten scheinen kohlensaure Magnesia oder kohlensaures Manganoxydul das Brausen allein zu verursachen: wo diese vorhanden, sind sie jenen Car-

Proc. Wasser, welches sie als hygroskopisches Wasser, ungeachtet vorherigen Trocknens bei 64°—72° R., zurückhalten konnten.

bonaten nur in untergeordneten Verhältnissen beigemischt. Die fortgesetzte Ausscheidung dieser Basen bis zu ihrem völligen oder fast völligen Verschwinden liefert als Rückstand des Augits und des Labradors einen Thon (Cimolit). Die Kalkerde wird stets als Carbonat fortgeführt. Dafs, wenigstens theilweise, auch die Magnesia als Carbonat fortgeführt wird, zeigt die Gegenwart dieser Erde in den Carbonaten der Drusenräume. Erscheinen augitische Labradorgesteine noch so frisch und unverändert, so zeigt doch das Brausen mit Säuren stets die schon begonnene Veränderung.

8) In der Regel scheidet sich die Kalkerde in einem gröfseren Verhältnisse, als das Eisenoxydul und auch völlig aus; indefs Ebelmen's Analysen (S. 695. IX *A* und *B*) zeigen, dafs sich auch dieses in einem gröfseren Verhältnisse als jene ausscheiden kann, und meine Analyse des Basalts aus einem Gange thut dar, dafs der gröfste Theil des Eisenoxyduls in Sphärosiderit umgewandelt sein kann, während noch eine beträchtliche Menge Kalk als Silicat zurückgeblieben ist (S. 799). Niemals scheint das Eisenoxydul ganz und die Kalkerde nur theilweise fortzugehen und theilweise als Silicat zurück zu bleiben, und ebenso wenig wird mit der Kalkerde alles Eisenoxydul fortgeführt. Die aschgraue Rinde der Basaltsäulen (S. 722) enthält immer noch etwas Eisenoxyd.

Das Eisen erscheint in zwei Zersetzungsformen: entweder als Carbonat, oder als Eisenoxydhydrat. Jenes wird entweder von Gewässern fortgeführt, und erscheint zum Theil wieder in den Drusenräumen, oder es bleibt als Sphärosiderit in der Masse des Gesteins zurück.

9) Die Veränderung der Farbe als Folge höherer Oxydation des Eisen- und Manganoxydulsilicats (S. 621 ff. und S. 720 ff.) gehört auch zu den Kennzeichen der eingetretenen Veränderung. Im ersten Stadium der Zersetzung scheint die blaue Farbe des Melaphyrs in die grüne überzugehen. Darauf folgt die gelblichgrüne und die ochergelbe oder ocherbraune Farbe (S. 621 ff.).

10) Die Ausscheidung beträchtlicher Quantitäten von kohlensaurem Kalke, welche manchmal mächtige Gänge bilden (S. 620 und 664) verursacht eine relative Zunahme der Kieselsäure. Ein Theil derselben findet sich jedoch auch ausge-

schieden in Adern von Quarz, Jaspis, Karniol u. s. w. (S. 620 ff. und S. 651).

11) Findet sich Kalkspath und Quarz in Drusenräumen und in Adern, und letzterer auch in Knollen des Gesteins, so ist zu vermuthen, dafs der Quarz die Kieselsäure des zersetzten Kalksilicats ist. Es giebt Kennzeichen, welche schliefsen lassen, dafs dieses Silicat vorzugsweise vom Labrador herrührt (S. 651 und S. 713).

12) Das Vorkommen von eisenhaltigem Chlorit in Drusenräumen des Melaphyrs (S. 653) zeigt die gröfsere Ausscheidung von Thonerde, Eisenoxyd und Magnesia und die geringere Ausscheidung von Kieselsäure an. Wenn aber in manchen Drusen eisenhaltiger Chlorit mit Kalkspath, in anderen Epidot mit Quarz vorkommt: so kann diefs für ein Zeichen gelten, dafs die Kieselsäure und die Basen nahe gleichen Schritt in ihrer Ausscheidung gehalten haben (S. 655). Findet sich indefs der Quarz sowohl in Drusenräumen, als in Gängen und Adern in der Mitte (S. 656 und S. 622), so scheint die Ausscheidung der Basen der erste, und die Ausscheidung der Kieselsäure der zweite Act in der Zersetzung der Melaphyre gewesen zu sein.

13) Kieselsaures Alkali wird durch Kalkbicarbonat in kohlensaures Alkali, kohlensaure Kalkerde und Kieselsäure zersetzt. Dadurch wandert die in oberen Puncten des Gesteins früher abgesetzte kohlensaure Kalkerde nach tieferen Puncten und kann endlich ganz verschwinden (S. 809). Auf diese Weise konnten sich in Spalten und Adern gleichzeitig kohlensaure Kalkerde und Kieselsäure abscheiden (S. 810 Note).

14) Die Gegenwart des Magneteisens in den Melaphyren (S. 652) zeigt die Zersetzung des augitischen Gemengtheils an. Was jedoch das in gröfseren Massen ausgeschiedene Magneteisen im Basalte betrifft, so ist die Präexistenz desselben sehr wahrscheinlich (S. 595 und 683).

15) Das Vorkommen von Eisenkies, Quarz, Epidot, eisenhaltigem Chlorit, Kalkspath und von Zeolithen in vielen Melaphyren (S. 657) weiset umfassende Zersetzungsprocesse in diesen Gesteinen nach.

16) Nicht immer zeigen sich manche Zersetzungsproducte

der augitischen Gesteine in der Nähe, sondern oft erst in der Ferne und manchmal gar nicht (S. 824).

Die gänzliche Fortführung der kohlensauren Kalkerde und eines grofsen Theils der Kieselsäure zeigt sich in den Basaltgängen der *Alten Birke* (S. 808).

17) Je mehr die Veränderung des Basalts fortschreitet, desto mehr wird aus ihm von Säuren extrahirt (S. 705). Tritt aber Verwitterung ein, so extrahiren die Gewässer mehr von dem mit Säuren gelatinirenden, als von dem nicht gelatinirenden Antheile (S. 699 und S. 719).

18) Unter gewissen Umständen schreitet im Basalt die Zersetzung des Labradors der des Augits, unter anderen Umständen die Zersetzung des letzteren der des ersteren voran (S. 710). Die Verminderung der Alkalien im zersetzten Basalte zeigt an, dafs der Labrador in der Zersetzung dem Augit vorangeschritten ist (S. 712 und 713). Findet sich dagegen im zersetzten Basalte noch mehr oder weniger von der ursprünglichen Menge der Alkalien, so hat der umgekehrte Fall statt gefunden. Die weifse Farbe eines veränderten Basalts deutet an, dafs die Kohlensäure mehr, als der Sauerstoff zersetzend gewirkt hat; die braune Farbe weiset dagegen nach, dafs das Eisenoxydul mehr durch Sauerstoff, als durch Kohlensäure zersetzt worden ist (S. 711).

19) In den verschiedenen Perioden der Zersetzung des Basalts sind stets die Zersetzungsproducte verschieden, und dieselben sind vorzugsweise abhängig von der früheren oder späteren Zersetzung des Labradors oder des Augits (S. 715).

20) Eine bedeutende Abnahme der Magnesia im zersetzten Basalte läfst in den meisten Fällen auf zersetzten Olivin schliefsen (S. 709). Dieses Mineral gehört zu denjenigen Gemengtheilen des Basalts, welche zuerst der Zersetzung unterliegen (S. 687).

21) Die relative Menge der Kieselsäure im Basalt kann sich unter gewissen Umständen nicht verändern (S. 715).

22) Bei völliger Zersetzung des Basalts nimmt das Kali kaum merklich, das Natron dagegen bedeutend ab (S. 717).

23) Durch die mannichfaltigen Veränderungen, denen die augitischen Labradorgesteine unterliegen, bilden sich die zahllosen Varietäten, in denen diese Gesteine erscheinen (S. 625).

24) Die Wacke gehört zu diesen Varietäten. Die Umwandlung des Basalts in Wacke und dieser in Wackenthon ist ein, in Basaltgängen im grofsartigen Maafsstabe von Statten gehender Procefs (S. 805).

25) Die augitischen Labradorgesteine geben Eisenerz- und Manganerz-Lagerstätten Ursprung (S. 568 und 806).

26) Wie sich Augit in Braunit und Pyrolusit umwandelt (3), so können die Gewässer auch aus basaltischem Gesteine das Material zur Bildung von Pyrolusit fortführen und an einem entfernteren Orte absetzen (S. 810).

27) Die Dolerite unterliegen im Allgemeinen denselben Veränderungen wie die Basalte (S. 842).

28) Die Eisenerze (Eisenspath, Brauneisenstein) die Manganerze, Kalkspath und die quarzigen Bildungen sind in Gängen und Drusenräumen aus herabfliefsenden kalten Gewässern abgesetzt worden.

29) Eisenoxydhydrat und kohlensaures Eisenoxydul werden von kalten Gewässern früher, als Kalkspath abgesetzt.

30) Kohlensaures Eisenoxydul kann auch in Berührung mit der Luft abgesetzt werden, wenn organische Substanzen gegenwärtig sind.

31) Gewässer, welche kohlensaures Eisenoxydul enthalten, verdrängen früher abgesetzten Kalkspath.

32) Die manganhaltigen Eisenspathe zeigen, dafs sich mit dem Eisenoxydulcarbonat Manganoxydulcarbonat absetzt.

33) Wandelt sich der Eisenspath in Brauneisenstein um, so wird das Manganoxydulcarbonat von den Gewässern gröfstentheils fortgeführt.

Die in den vorhergehenden Kapiteln angeführten Analysen von Melaphyren, Doleriten, Laven und basaltischen Gesteinen haben folgende Resultate geliefert.

34) Die Melaphyre I und VI (S. 643) enthalten Labrador und ein Fossil, welches man für Augit oder, mit noch mehr Wahrscheinlichkeit, für Hornblende nehmen kann. In den Melaphyren II, III, IV und V (S. 648) entsprechen der Kieselsäuregehalt und die Sauerstoffquotienten einem aus Labrador und Augit bestehenden Gesteine. Auch für die Melaphyre I, II und IV (S. 661) kann unter der Vorausset-

zung, dafs die Carbonate und das Eisenoxydhydrat Zersetzungsproducte seien, eine solche Zusammensetzung angenommen werden.

35) So weit der mehr oder weniger zersetzte Zustand der analysirten Dolerite es gestattet, sind auch sie für Gemenge aus Labrador und Augit zu halten. Vom Dolerit VII. *A* (S. 841) ist es unzweifelhaft.

36) Die Lava vom *Aetna* VII (S. 670) zeigt entschieden eine solche Zusammensetzung, und die Laven von *Stromboli* und von *Ferdinandia* VIII und IX (S. 672) kommen ihr wenigstens sehr nahe.

37) Die Basalte I, II, III und IV (S. 703) haben eine Zusammensetzung, welche auf ein Gemeng aus Labrador und Augit schliefsen läfst. Die Analyse der übrigen Gesteine (Melaphyre, Dolerite und Basalte) haben Resultate geliefert, welche keine Schlüsse auf ihre Zusammensetzung zulassen: es sind Gesteine, in denen schon unverkennbar Zersetzungsprocesse statt gefunden haben. In diesem Falle kann aber die Analyse weder für noch gegen die Zusammensetzung aus Labrador und Augit beweisen; obgleich, wenn die Richtung dieser Zersetzungsprocesse erkannt worden, häufig noch auf eine solche Zusammensetzung im ursprünglichen Zustande des Gesteins geschlossen werden kann.

Naumann *) hebt hervor, dafs Augit nur selten in erkennbaren Krystallen oder Individuen in Melaphyren hervortritt, gewöhnlich aber mineralogisch gar nicht nachzuweisen ist, dafs das in vielen Melaphyren eingesprengte grüne Mineral nur äufserst selten für wirklichen Augit erkannt worden ist, und dafs die meisten eigentlichen Melaphyre eher durch Abwesenheit, als durch Anwesenheit von deutlichen Krystallen dieses Minerals characterisirt sind. Auch das geringe spec. Gewicht der Melaphyre im Verhältnisse zu dem des Labradors und des Augits hält er mit Recht für einen Beweis, dafs dieser nur in geringen Mengen vorhanden sein könne, welches auch mit den oben (S. 643) gefundenen Gemengtheilen zweier Melaphyre übereinstimmt. Ob man hiernach berechtigt sei, in der Grundmasse der Melaphyre viel Augit vorauszusetzen,

*) Lehrb. d. Geognosie Bd. I. S. 600 ff.

läfst Naumann dahin gestellt; er erwartet eine gründliche Erforschung von der chemischen Analyse.

Zu welchen Schlüssen die bereits analysirten Melaphyre führen, haben wir gezeigt. Die Resultate widersprechen wenigstens nicht der Voraussetzung, dafs Labrador und Augit die ursprünglichen Hauptbestandtheile der Melaphyre sind; statt Augit können sie aber manchmal auch Hornblende enthalten (S. 645). Jedoch auch in diesem Falle ist die Möglichkeit nicht zu bestreiten, dafs ursprünglich in der Grundmasse Augit vorhanden war, und dafs dieser später in Hornblende umgewandelt worden ist; denn wenn Augitkrystalle in Hornblende (Uralit) umgewandelt werden (S. 532), warum sollte nicht um so eher die augitische Grundmasse einer solchen Umwandlung fähig sein (Bd. II. S. 274)? Wir haben gesehen, dafs hierbei Kalkerde ausgeschieden und Magnesia aufgenommen wird (S. 540). Das Brausen der meisten Melaphyre mit Säuren (S. 618) zeigt die wirklich ausgeschiedene Kalkerde an, und das Vorherrschen der Magnesia gegen die Kalkerde in mehreren Melaphyren (S. 646) deutet auf einen solchen Austausch.

Theilt man den Melaphyren gleich den Laven einen feuerflüssigen Ursprung zu, so ist man um so mehr veranlafst, den Augit in jenen zu suchen, da er in diesen wirklich vorkommt, und sogar durch die Bezeichnung „Augitlava" eine Hauptspecies der Laven charakterisirt. Wer freilich alle krystallinischen Gesteine zu den plutonischen zählt, der wird auf diesen Umstand kein Gewicht legen. Ist diefs aber eine unbegründete Voraussetzung, liegen insbesondere keine Beweise vor, dafs die Hornblende auf feuerflüssigem Wege entstehen kann (S. 543 ff.), so mufs man entweder diejenigen Melaphyre, welche statt einer augitischen Grundmasse eine amphibole enthalten, für neptunische Bildungen halten, oder man mufs eine Umwandlung jener in diese auf nassem Wege annehmen.

Nach Naumann scheint der eisenhaltige Chlorit (S. 653) eine wichtige Rolle in den Melaphyren zu spielen, indem er nicht nur die äufsere Schale vieler gröfseren Mandeln, sondern auch selbstständig kleinere Mandeln und vielleicht auch die eingesprengten grünen Körner bildet, wie solche am genauesten von Freiesleben beschrieben worden sind. Wir sind, wie Naumann, zur Vermuthung geführt worden (S. 653),

dafs dieser Chlorit auch ein Bestandtheil der Grundmasse sein möge. Sein bedeutender Wassergehalt (11,6 bis 12,6) zeigt aber entschieden, dafs er, wenn der Melaphyr eine plutonische Bildung ist, kein ursprüngliches, sondern nur ein Umwandlungs-Product sein könne.

So dankenswerth die nicht geringe Zahl von Analysen der Melaphyre ist, so ist doch sehr zu wünschen, dafs dieselben noch vervielfältigt werden. Es sind jedoch gerade solche Melaphyre zu weiteren Analysen auszuwählen, welche am wenigsten verändert erscheinen; daher weder mit Säuren brausen, noch ausgeschiedene Parthien von Eisenoxydhydrat, eisenhaltigem Chlorit, Magneteisen, Quarz u. s. w. enthalten; denn je mehr von solchen Mineralien vorhanden ist, desto mehr sind die Melaphyre schon Umwandlungsprocessen erlegen. Je mehr die Analysen von wenig oder kaum veränderten Melaphyren Resultate liefern, welche ein Gemeng aus Labrador und Augit fordert, desto mehr wächst die Wahrscheinlichkeit, dafs diese Gesteine in ihrem ursprünglichen Zustande wirklich solche Gemenge sind.

Die bisherigen Analysen der Melaphyre, Dolerite, Augitlaven und Basalte haben, sofern man die mit offenbar zersetzten Gesteinen unternommenen ausschliefst, dargethan, dafs sie alle zu den augitischen Labradorgesteinen gehören; gleichwohl zeigen sich noch Verschiedenheiten unter ihnen.

Der Olivin ist von allen Gemengtheilen der eigentlichen Basalte und der Augitlaven der am meisten characteristische (S. 677); er fehlt in den Melaphyren entweder ganz oder kommt doch nur spurweise darin vor. Indefs ein Basalt, der Olivin nicht oder doch nur äufserst sparsam enthält, unterscheidet sich immer noch vom Melaphyr.

Der Unterschied zwischen Basalt und Melaphyr tritt in dem sehr verschiedenen specif. Gewichte beider Gesteine sehr hervor; denn während das der ersteren zwischen 2,85 und 3,67 *) fällt, ist das der letzteren nur 2,63 bis 2,75 **). Da

*) Nach v. Leonhard's zahlreichen Bestimmungen. Dessen Basaltgebilde Abth. I. S. 133 ff.

**) Naumann a. a. O. Die spec. Gewichte der Basalte, Melaphyre u. s w. dürften sich sehr verändern, wenn sie im pulverförmigen Zustande der Gesteine bestimmt würden.

selbst die an Olivin und Magneteisen armen Basalte immer noch ein gröfseres specif. Gewicht als die Melaphyre haben: so ist zu schliefsen, dafs jene mehr Augit, als diese enthalten. Damit stimmt auch, dafs das Eisen in den Melaphyren nicht so hoch, als in den Basalten steigt; denn nach den, mit am wenigsten veränderten Gesteinen unternommenen Analysen fällt es in jenen zwischen 7,6 und 9,5, in diesen zwischen 14,2 und 17,5 Proc. *). Den Basalten reihen sich die Dolerite und die Augitlaven an; jene enthalten 9,3 bis 17,7, diese 10,6 bis 16,3 Proc. Eisenoxyd, wobei freilich zu bemerken ist, dafs die bis jetzt analysirten Dolerite, mit Ausnahme eines einzigen, mehr oder weniger veränderte waren **). Nach

*) Eine Ausnahme von dieser Regel macht der Basalt II. (S. 693), welcher nur 8,1 Proc. Eisenoxyd enthält.

**) Nach R. Ludwig (Jahresber. d. Wetterauischen Ges. f. d. ges. Naturk. 1848. S. 10 ff.) bestehen die Kuppen und Berge zwischen dem *Vogelsberge*, der *Rhön* und dem *Spessart* aus einem fast überall gleichbleibenden, feinkörnigen, äufserst labradorreichen, grauen Dolerit, wovon der vom *Steinfirst* aus

88—90	Proc.	weifsen, wasserhellen Labrador
4— 2	„	Augit
8— 8	„	Eisenoxyduloxyd

und ein anderer vom östlichen Gipfel des *Hopfenberges* aus

77	Proc.	Labrador
11	„	Augit
9	„	Magneteisen
3	„	Nephelin (?)

bestehen soll. Letzterer ist ausgezeichnet durch seine magnetische Polarität.

Dolerite von solcher Zusammensetzung würden sich mehr den Melaphyren als den Basalten nähern; denn ihr Labradorgehalt überstiege sogar den der Melaphyre I und VI (S. 643). Eine chemische Analyse dieser Dolerite ist daher wünschenswerth, um diese Verhältnisse constatiren zu können.

Interessant ist die Bemerkung, dafs diese Felsart da, wo sie aus dem Mergelthone oder Muschelkalke hervorgeht, nicht magnetisch ist, und dann oft Arragonit, Zeolithe und auch wohl Sphärosiderit einschliefst. Dafs diese Einschlüsse in dem Gesteine des Gipfels nie angetroffen werden, ist eine Folge davon, dafs die Gewässer von oben herab die Zersetzungsproducte geführt haben.

dem Eisengehalte kann man daher im Allgemeinen die sämmtlichen augitischen Labradorgesteine in zwei Classen bringen: die Melaphyre in die eine, die Basalte, Dolerite und Augitlaven in die andere Classe. Deſshalb gewinnt auch die Ansicht, daſs die letzteren einen gemeinschaftlichen Ursprung haben, einen sehr hohen Grad von Wahrscheinlichkeit, und da der Ursprung der Laven erwiesen ist: so kann man keinen Anstand nehmen, diesen auch von den Basalten und Doleriten vorauszusetzen.

Man sollte erwarten, daſs die Menge der Alkalien im umgekehrten Verhältnisse des Eisens stehe; denn da der Labrador jene, der Augit vorzugsweise nur dieses enthält: so müssen sich die Alkalien mit Zunahme des Augits vermindern und mit Abnahme desselben vermehren. Wir finden sie aber in den Melaphyren nicht in einem durchgreifend gröſseren Verhältnisse, als in den Basalten, Doleriten und Laven, welches unzweifelhaft davon herrührt, daſs sie zu denjenigen Bestandtheilen der augitischen Gesteine gehören, welche schon bei der eben beginnenden Zersetzung theilweise von den Gewässern fortgeführt werden.

Das Eisenoxydul im Magneteisen scheint zu Sphärosiderit geworden zu sein, wodurch die magnetische Polarität verloren gegangen ist.

Die geschichteten Doleritconglomerate der dortigen Gegend zeigen die, den augitischen Labradorgesteinen eigenen Zersetzungsproducte: Quarzbildungen (Opale und Umwandlungen des Mergelthons in hornsteinartige Massen) Kalkspath u. s. w. Sehr zersetzte Doleritbrocken finden sich so erweicht, daſs sie mit dem Messer geschnitten werden können. Frisch und naſs sind sie schwarz, an der Luft werden sie aber hellgrau, fast weiſs. Sie sind oft von senkrechten $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{8}$'' weiten Röhren durchzogen, die auf den dichten braunen Wänden zierliche Kalkspathkrystalle enthalten, oder auch mit ziegelrothem Kalkspath erfüllt sind: eine Erscheinung, welche zeigt, wie die Gewässer im Gesteine Höhlenräume bilden können.

Die in dortiger Gegend häufig und bis 100 F. mächtig auftretenden Töpferthon- und Lehmlager rühren von zersetztem Dolerit her. Die Thone sind oft gänzlich eisenfrei: ein Beweis, wie bei Zersetzung augitischer Labradorgesteine alles Eisen fortgeführt werden kann, welches auf reducirende Wirkungen organischer Substanzen schlieſsen läſst (S. 802).

Enthält das Gestein thonerdehaltigen Augit, so kann man aus dem höheren oder niedrigeren Kieselsäuregehalt auf die gröfsere oder geringere Menge des Labradors schliefsen, da nach S. 630 das Maximum der Kieselsäure in jenem Augit kaum das Minimum derselben im Labrador erreicht. In den Melaphyren (S. 641) fällt die Kieselsäure zwischen 50 und 55 Proc., in den Basalten (S. 693 ff.) zwischen 44 und 53; sie beträgt also durchschnittlich in jenen mehr, als in diesen. Kann diefs auch nicht unbedingt für einen gröfseren Labradorgehalt in den Melaphyren, als in den Basalten entscheiden, da es unbestimmt ist, ob in diesen Gesteinen durchgängig thonerdehaltiger Augit vorkommt, und da der Kieselsäuregehalt im thonerdefreien Augit noch höher als im Labrador steigt: so werden doch dadurch die bereits aus andern Prämissen gezogenen Schlüsse unterstützt.

Combiniren wir Alles, so gehen wir daher gewifs nicht zu weit, wenn wir die Melaphyre als augitische Gesteine bezeichnen, in denen der Labrador überwiegt, und die Basalte, Dolerite und Augitlaven für solche halten, in denen die eisenhaltigen Mineralien, Augit, Olivin und Magneteisen, vorherrschen.

Nachtrag zu S. 642.

Nach einer mittlerweile von G. Rose *) unternommenen genauen krystallographischen Untersuchung ist der Feldspath aus dem Porphyr von *Tyfholm's Udden* (VI. *a*) nicht Labrador, sondern wahrscheinlich Oligoklas, wenn nicht vielleicht Breithaupt's Loxoklas. Dem zu Folge ist dieser Porphyr nicht ein Melaphyr, wofür ihn Delesse genommen hat, sondern ein dem Syenitporphyr ähnliches Gestein.

Nachtrag zu S. 799 und 800.

Nachträgliche Bestimmung der Alkalien

	im Basalt	im Wackenthon.
Kali	0,98 Proc.	0,16
Natron . . .	1,24 „	0,17
	2,22 „	0,33

*) Zeitschrift d. deutschen geol. Gesellschaft Bd. I. H. 3. S. 379.

Nachtrag zu S. 668.

Neue Analysen von Dolerit im frischen und im verwitterten Zustande.

VII *A*. Frischer Dolerit.

		Sauerst.
Kieselsäure	51,4	26,69
Thonerde	15,8	7,39
Eisenoxyd	10,7	3,21
Eisenoxydul, Manganoxydul	6,0	1,34
Kalkerde	7,8	2,22
Magnesia	2,7	1,05
Natron, Kali	4,3	0,99
Titansäure	0,8	
	99,5	16,20
		0,607

Verwitterter Dolerit.

	VII. *B*.	Sauerst.	VII. *C*.	Sauerst.
Kieselsäure	42,6	22,12	44,5	23,21
Thonerde	20,1	9,40	22,1	10,33
Eisenoxyd	21,8	6,53	17,6	5,27
Manganoxydul	0,5	0,11	—	
Kalkerde	1,0	0,28	1,4	0,40
Magnesia	2,8	1,08	2,7	1,05
Natron	1,9	0,49	1,7	0,44
Kali	0,9	0,15	1,2	0,20
Titansäure	0,6		1,0	
Wasser	8,8		8,6	
	101,0	18,04	100,8	17,69
		0,815		0,765

VII. *A.* Dolerit von *St. Austell* in *Cornwall*, nach Ebelmen *). Er ist grauschwarz und zeigt unter der Lupe ein Gemeng aus weifsen und schwarzen (oder sehr dunkelgrünen) Krystallen. Ziemlich breite, schwarze Blättchen sind darin zerstreut. Er ist nicht magnetisch, und scheint leicht zu verwittern, wobei die äufsern Parthien bis auf 9—10 mm. Tiefe grünlichgrau aussehen, schwarze Puncte enthalten und zerreiblich werden.

VII. *B* verwittertes Gestein und VII. *C* eine zerreibliche graue Masse von der Aufsenseite der Steinbrüche. Letzteres hat das Ansehen des ersteren, mit kleinen Adern von Brauneisenstein durchzogen.

Die Kieselsäure und der Sauerstoffquotient in VII. *A* entsprechen einem Gemenge aus Labrador und Augit, mehr thonerdefreiem als thonerdehaltigem. Berechnet man, mit Ebelmen, die Zusammensetzung des unveränderten und des veränderten Dolerits für eine gleiche Menge Thonerde: so ergiebt sich, dafs er beim Verwittern mehr als $\frac{1}{3}$ Kieselsäure, $\frac{5}{6}$ der Kalkerde und $\frac{1}{2}$ der Alkalien verloren hat. In VII. C ist ein Theil des Eisenoxyds, wahrscheinlich durch organische Stoffe reducirt, fortgeführt worden. Den Verlust an Kieselsäure zeigt noch insbesondere die Zunahme der Sauerstoffquotienten. Die im verwitterten Gesteine zurückgebliebene beträchtliche Menge Alkalien läfst schliefsen, dafs der augitische Gemengtheil vor dem labradorischen zersetzt worden ist.

Wir sehen hieraus, dafs dieser Dolerit im Allgemeinen denselben Zersetzungsprocessen unterlag, wie der Basalt (S. 707 und 709); nur dafs vom Eisen in VII. *B* nichts fortgeführt wurde.

Bei der Zersetzung des Basalts in Wackenthon ist, nach der nachträglichen Bestimmung der Alkalien (S. 841), in Uebereinstimmung mit den Analysen meines Sohn's und Struve's (S. 717 und 718), Natron in einem gröfseren Verhältnisse, als Kali fortgeführt worden.

Im Basalte ist das Natron das 1,27fache vom Kali, in den Basalt-Analysen (S. 693 ff.) steigt es vom 1,3 bis zum

*) Ann. d. Mines IV. Ser. T. XII. p. 627. und Rammelsberg's viertes Suppl. S. 45.

Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN

9,68fachen; nur mit Ausnahme von X. *A* (S. 696), wo das Natron das 1,15fache vom Kali, und mit Ausnahme von III, wo dieses sogar mehr, als jenes beträgt. Da die Analysen von Delesse (S. 642) Labradorkrystalle aus Melaphyr kennen gelehrt haben, in denen das Natron nur das 1.04 bis 1,16fache vom Kali beträgt: so ist nicht zu verwundern, dafs auch im Basalte verhältnifsmäfsig bedeutende Quantitäten Kali vorkommen können. Uebersteigt aber das Kali das Natron, so mufs man so lange die Genauigkeit der Analyse bezweifeln, als nicht eine sorgfältige Wiederholung der Analyse ein so auffallendes Verhältnifs constatirt hat.

Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN